

**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ
V PRAZE
FAKULTA STAVEBNÍ
KATEDRA GEOTECHNIKY**



BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Úloha geotechniky při návrhu integrovaných mostů
Role of geotechnical engineering during integral bridge design

Vedoucí práce: Prof. Ing. Ivan Vaníček, DrSc.
Vypracovala: Pavlína Sehnalová

2017



ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: <u>Sehnalová</u>	Jméno: <u>Pavčina</u>	Osobní číslo: <u>424361</u>
Zadávající katedra: <u>katedra geotechniky</u>		
Studijní program: <u>Stavební inženýrství</u>		
Studijní obor: <u>Konstrukce a dopravní stavby</u>		

II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce: <u>Úloha geotechniky při návrhu integrovaných mostů</u>	
Název bakalářské práce anglicky: <u>Role of geotechnical engineering during integral bridges design</u>	
Pokyny pro vypracování: - Rešerše problematiky integrovaných mostů obecně - Rešerše geotechnického zatížení integrovaných mostů - Laboratorní modelování zatížení opěr - Principy návrhu integrovaných mostů - Možnosti ovlivňování změn teploty z pohledu zatížení integrovaných mostů	
Seznam doporučené literatury: - články Prof. Tatsuoka - Japonsko - české podkladové materiály + anglické podkladové materiály	
Jméno vedoucího bakalářské práce: <u>Prof. I. Vaníček, konzultanti: Ing. D. Jirásko, Ing. M. Vaníček</u>	
Datum zadání bakalářské práce: <u>20.2.2017</u>	Termín odevzdání bakalářské práce: <u>28.5.2017</u> <i>Údaj uveďte v souladu s datem v časovém plánu příslušného ak. roku</i>
_____ Podpis vedoucího práce	_____

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Beru na vědomí, že jsem povinen vypracovat bakalářskou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je nutné uvést v bakalářské práci a při citování postupovat v souladu s metodickou příručkou ČVUT „Jak psát vysokoškolské závěrečné práce“ a metodickým pokynem ČVUT „O dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací“.

21.2.2017 _____
Datum převzetí zadání Podpis studenta(ky)

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma *Úloha geotechniky při návrhu integrovaných mostů* zpracovala samostatně pod vedením Prof. Ing. Ivana Vaníčka, DrSc., uvedla všechny použité literární a odborné zdroje a dodržovala zásady vědecké etiky.

V Praze 28. 5. 2017

Pavčina Sehnalová

Poděkování

Ráda bych poděkovala Prof. Ing. Ivanu Vaníčkovi, DrSc. za odborné vedení mé bakalářské práce, především za nespočet připomínek a cenných rad, které přispěly k jejímu úspěšnému dokončení.

Dále panu Ing. Danielu Jirásko, Ph.D., za pomoc při realizaci laboratorního modelu integrovaného mostu a panu Ing. Martinu Vaníčkovi, Ph.D., za jeho čas na konzultace k návrhu integrovaných mostů.

Anotace

Cílem této práce je vytvořit souhrn poznatků o integrovaných mostech z pohledu geotechniky. Práce popisuje typy integrovaných mostů, jejich vývoj a přednosti oproti tradičním mostům. Ve zkratce je popsán princip návrhu integrovaných mostů s ohledem na působící geotechnické zatížení. Rešerše literatury je doplněna vlastním laboratorním modelováním cyklické deformace opěry mostu, způsobené teplotním roztahováním a smršťováním konstrukce. V závěru práce jsou popsány výsledky laboratorního modelování a jejich význam pro návrh integrovaných mostů.

Klíčová slova

(GRS) Integrovaný most, vyztužení zemin, zemní tlak, opěra mostu, deformace, laboratorní model, stabilita mostu, princip návrhu integrovaných mostů

Summary

The aim of this thesis is to create a summary of knowledge about integral bridges from geotechnical point of view. The thesis describes the types of integral bridges, their development and advantages compared to traditional bridges. Design of integral bridges is briefly described with regard to geotechnical loadings impact. The literature research is accompanied with my own laboratory modelling of cyclic deformations of a bridge abutment. These deformations are caused by structure prolongation and shortening. Finally, the results of laboratory modelling and their impact on integral bridge design are described.

Key words

(GRS) Integral bridge, reinforced soil, earth pressure, bridge abutment, deformation, laboratory model, bridge stability, integral bridge design tenet

OBSAH

1	ÚVOD	8
2	INTEGROVANÉ MOSTY	11
2.1	VÝVOJ INTEGROVANÝCH MOSTŮ.....	11
2.2	ODLIŠNOSTI OD TRADIČNÍCH MOSTŮ.....	12
2.2.1	Konstrukční odlišnosti.....	12
2.2.2	Statické odlišnosti.....	12
2.2.3	Odlišnosti v návrhu.....	13
2.3	PŘEDNOSTI A NEDOSTATKY INTEGROVANÝCH MOSTŮ.....	14
3	INTEGRAL BRIDGE	15
3.1	KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ.....	15
3.1.1	Opěry.....	15
3.1.2	Přechodové oblasti.....	18
3.2	VÝHODY A NEVÝHODY.....	19
3.3	POSTUP VÝSTAVBY.....	20
3.4	PŘÍKLADY INTEGROVANÝCH MOSTŮ TYPU INTEGRAL BRIDGE.....	20
3.4.1	Silniční nadjezd přes Heilbronner Strasse, Německo.....	20
3.4.2	Silniční most Bleichinselbrücke, Německo.....	21
3.4.3	Lávka Kujira, Japonsko.....	21
3.4.4	Happy Hollow Creek, USA.....	22
3.4.5	Silniční most Brockhampton, UK.....	22
3.5	INTEGROVANÉ MOSTY NA SILNICI I/11, ČESKÁ REPUBLIKA.....	23
4	GRS INTEGRAL BRIDGE	25
4.1	VÝVOJ GRS INTEGRAL BRIDGE.....	25
4.1.1	GRS–RW with FHR facing.....	25
4.1.2	GRS–RW bridge.....	27
4.1.3	GRS integral bridge.....	28
4.2	KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ.....	29
4.3	VÝHODY KONSTRUKČNÍHO ŘEŠENÍ GRS INTEGRAL BRIDGE.....	31
4.4	LABORATORNÍ MODEL MOSTU.....	33
4.4.1	Konstrukční řešení.....	33
4.4.2	Modelování zatížení.....	34
4.5	PRVNÍ POSTAVENÝ GRS INTEGRAL BRIDGE.....	37
4.5.1	GRS integral bridge pro železniční tratě v Japonsku.....	39
4.6	PRVNÍ GRS INTEGROVANÝ MOST S FHR FACING V EVROPĚ.....	40
5	LABORATORNÍ MODELOVÁNÍ MOSTŮ	44
5.1	STATICKE ZKOUŠKY.....	44
5.1.1	Výsledky statických zkoušek.....	45
5.2	DYNAMICKE ZKOUŠKY.....	48
5.2.1	Výsledky dynamických zkoušek.....	50
6	PRINCIP NÁVRHU INTEGROVANÝCH MOSTŮ	53
6.1	SVISLÉ NAPĚTÍ.....	53
6.2	VODOROVNÉ NAPĚTÍ.....	53
6.2.1	Zemní tlak v klidu.....	53
6.2.2	Aktivní zemní tlak.....	54
6.2.3	Pasivní zemní tlak.....	54
6.3	MODELOVÁNÍ INTERAKCE ZEMINY A OPĚRY.....	56
6.3.1	Metoda náhradního zatížení opěr.....	56
6.3.2	Metoda náhradních pružin.....	57
6.3.3	Numerické modelování.....	58
6.4	MOŽNOSTI POČETNÍHO NÁVRHU INTEGROVANÉHO MOSTU.....	58
6.4.1	Zjednodušená iterativní metoda.....	58

6.5	VLASTNOSTI ZÁSYPOVÉ ZEMINY	59
7	EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST	60
7.1	POPIS LABORATORNÍCH MODELŮ	60
7.1.1	Příprava laboratorních modelů.....	60
7.1.2	Parametry zásyповého materiálu modelu	63
7.2	PRŮBĚH MĚŘENÍ.....	64
7.2.1	Volba velikosti vodorovné deformace opěry	64
7.3	VÝSLEDKY MĚŘENÍ	65
7.3.1	Zpracování naměřených hodnot.....	65
7.3.2	Vyhodnocení výsledků	66
7.4	CHYBY MĚŘENÍ.....	74
8	ZÁVĚR.....	77
9	LITERÁRNÍ ZDROJE	78
10	ZDROJE OBRÁZKŮ.....	80
11	PŘÍLOHA 1	81
12	PŘÍLOHA 2	96

1 ÚVOD

Rozvoj lidské společnosti je podmíněn silnou ekonomikou, hospodářským systémem, rozvíjející se technikou a kulturními hodnotami. Hlavní roli v technickém rozvoji má potřeba dopravy obyvatel a materiálu. K tomu je nezbytné neustále budovat a vylepšovat složitý systém dopravní infrastruktury.

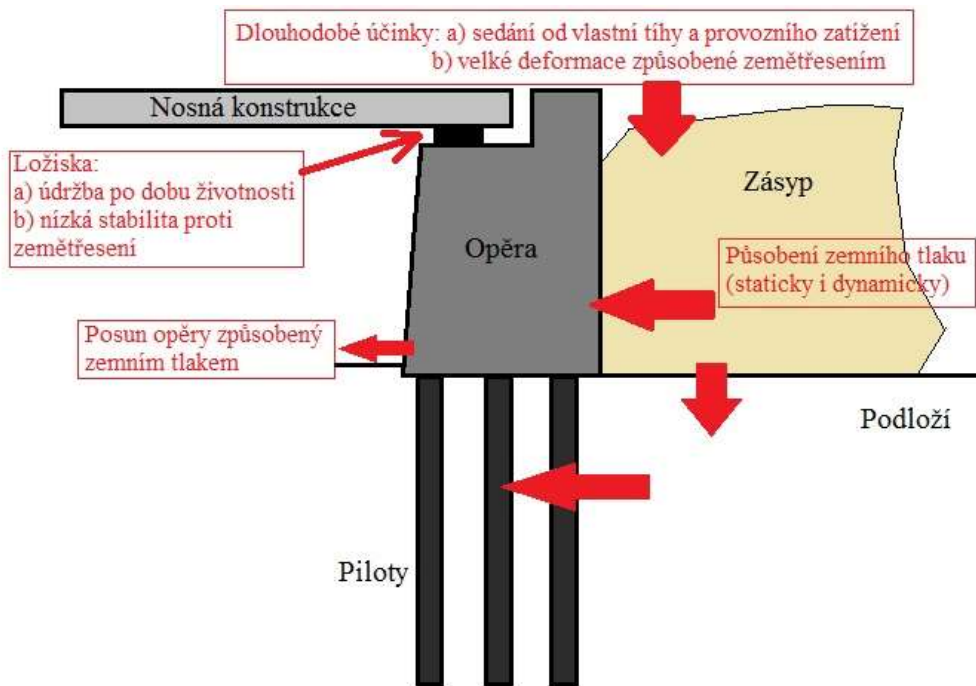
Mezi nejnáročnější inženýrské konstrukce lze zařadit mosty, které umožňují překonání přírodních i umělých překážek. Mostem se dle normy ČSN 73 6200 rozumí mostní objekt s kolmou světlostí větší než 2,0 m, sloužící k převedení dopravních cest, potrubních komunikací, vodních koryt, atd. Náročnost této konstrukce tkví ve velkém dynamickém zatížení a nepříznivých klimatických jevech, kterým je konstrukce mostu vystavena po celou dobu své dlouhé životnosti. [1]

Postupným vývojem mostních konstrukcí se od prvních mostů, postavených za doby Římské říše, jakým je například akvadukt Pont du Gard u Nimes v Jižní Francii, postavený v období 63. – 18. před n. l., dostáváme až k mostům současným. [1]

V dnešní době převládá výstavba mostů betonových, především předpjatých, ale i železových. Důvodem je nízká cena betonu, jako stavebního materiálu a jeho variabilní a relativně jednoduché použití. Nosné konstrukce těchto mostů jsou z velké většiny ukládány na ložiska osazená na mostních podpěrách. Přítomná ložiska umožňují přenos zatížení z nosné konstrukce do spodní stavby a volný dilatační pohyb nosné konstrukce. Plynulý přechod vozovky nad vzniklou dilatační mezerou je překonán pomocí mostního závěru.

Výše popsaná konstrukce tradičního dilatovaného mostu skýtá ovšem mnohé nevýhody (viz obrázek 1) [2]. Mezi největší nevýhody patří ložiska a mostní závěry, které jsou vnímány jako konstrukční prvky s nízkou životností, vysokými pořizovacími a údržbovými náklady. Nesmí být opomenuta ani jejich nízká stabilita proti zemětřesení, která je rozhodující hlavně v oblastech s vysokou seismicitou. Druhou významnou nevýhodou je zásyp opěr z nevyztužené zeminy, který vytváří velký tlak na opěru a zároveň způsobuje značný ohybový moment a smykovou sílu u paty opěry. Z tohoto hlediska je většinou nutné zakládat na pilotách, což značně prodražuje stavbu. Poslední z významných nevýhod je velké sedání podloží způsobené vlastní tíhou zásypu opěry, které je nutno zachytit pomocí pilot, a sedání samotného zásypu způsobené jeho vlastní tíhou a dopravním zatížením, jehož důsledkem je vznik tzv. *boulí* ve vozovce na rozhraní betonové opěry a zásypové zeminy. [2]

V dnešní době se klade čím dál větší důraz na rychlost výstavby a maximální snížení nákladů na realizaci a následný provoz konstrukce. Z těchto důvodů jsou inženýři mostních konstrukcí nuceni přicházet s nápady, jak tyto požadavky co nejlépe splnit. Mostní konstrukce, která vyhovuje požadavkům snížení nákladů, rychlejší výstavby a menšího dopadu na krajinu jsou tzv. *integrované mosty* a *semi- integrované mosty*.

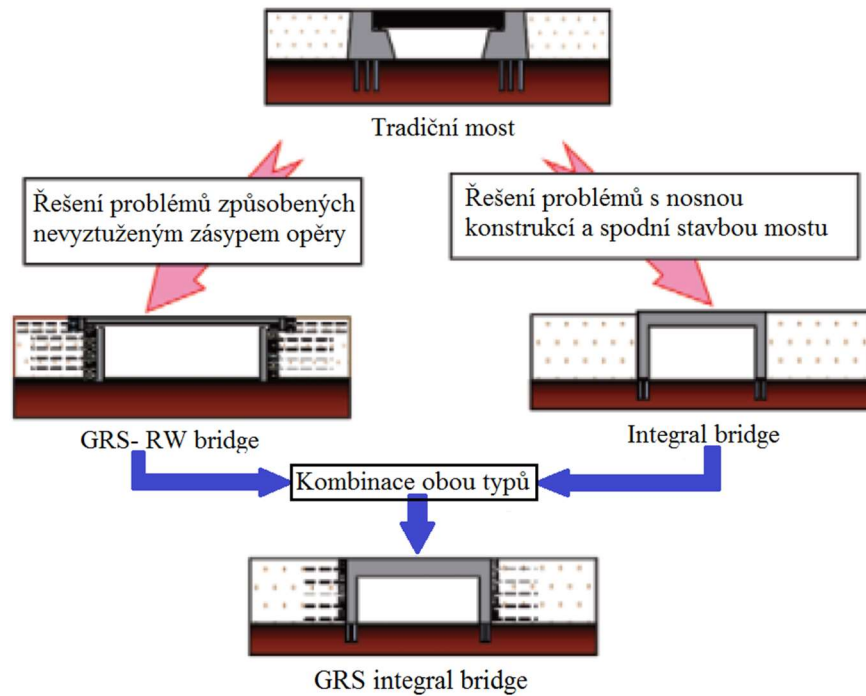


Obrázek 1 – Tradiční most a jeho nevýhody. [2]

„Integrovaný most (též integrální most) je v ČSN 76 6200 definován jako most, jehož hlavní nosná konstrukce působí společně se spodní stavbou a je ovlivněna zemním tělesem přechodové oblasti.“ [3] V rámci této bakalářské práce je integrovaný most definován jako most, jehož součástí nejsou ložiska ani mostní závěry (alespoň velké mostní závěry). Hlavní nosná konstrukce takového mostu je v důsledku toho pevně spojena s opěrami, což zabraňuje jejím volným posunům. [4]

Semi- integrovaný most představuje mostní konstrukci, jehož hlavní nosná konstrukce je uložena buď na ložiskách, kdy opěra není opatřena mostním závěrem, nebo je hlavní nosná konstrukce uložena přímo, bez pomoci ložisek, a opěra je v tomto případě opatřena mostním závěrem. Spolupůsobení tohoto typu mostu se zemním tělesem je stejné jako u integrovaných mostů. [3]

Předkládaná bakalářská práce je zaměřena na problematiku integrovaných mostů z pohledu geotechniky. Velká část práce je věnována shrnutí dosavadních poznatků o integrovaných mostech. Jsou zde popsány jednotlivé typy integrovaných mostů, především pak tzv. *GRS integral bridge*, jehož autorem je profesor Fumio Tatsuoka z Japonska. Tato konstrukce mostu vznikla za účelem eliminovat nedostatky klasických dilatovaných mostů, které byly popsány výše a předcházejících integrovaných mostů-*GRS-RW bridge* a *Integral bridge*. Vývoj a konstrukční řešení *GRS integral bridge* bude popsáno v následujících kapitolách, kde se práce zmiňuje i o integrovaném mostu tzv. *GRS-RW bridge*, který byl prvotním návrhem využívající opěry z vyztužené zeminy a stal se tak předstupněm *GRS integral bridge*. Opomenut nebude ani *Integral bridge*, který je poměrně často navrhován v Evropských zemích a USA.



Obrázek 2 – Vývoj integrovaných mostů. [2]

Popis jednotlivých typů integrovaných mostů je doplněn jejich statickými a dynamickými zkouškami provedenými na jejich modelech japonskými inženýry, které vedly k jejich postupnému zdokonalování. Teoretické poznatky jsou doplněny praktickými v kapitole zabývající se geotechnickým zatížením a principem návrhu integrovaných mostů. V kapitole jsou popsány zemní tlaky působící na opěry a způsoby modelování interakce zeminy a mostu v inženýrské praxi.

Teoretická část práce je rozšířena o vlastní laboratorní měření, jehož cílem je vymodelovat chování zásypu za opěrou při její cyklické deformaci. Modelování má za úkol porovnat tři možnosti návrhu vyztužení zásypu opěry integrovaného mostu – nevytlužený zásyp, vyztužený zásyp s výztuží nespojenou a spojenou s opěrou.

2 INTEGROVANÉ MOSTY

2.1 Vývoj integrovaných mostů

Původ integrovaných mostů můžeme spatřit v přírodních skalních útvarech vytvářejících oblouky. Jako příklad takového přírodního úkazu může posloužit Rainbow bridge ve státě Utah v USA (viz obrázek 3). Svým rozpětím 85m se řadí na první místo mezi přírodní kamenné obloukové mosty. [5]



Obrázek 3 – Rainbow bridge, Utah, USA. [22]

První skutečné uměle vytvořené obloukové integrované mosty byly tvořeny z kamenných kvádrů. Tyto mosty byly stavěny Egypťany, Řeky a Římany (např. most Alcántara ve Španělsku). Později v 19. století spolu s rozvojem betonu byl postaven první most z hutného betonu v Düsseldorfu (1880). [5]

První integrovaný rámový most ze železového betonu byl postaven roku 1939 v USA ve státě Ohio. Jedná se o pěti-pólový silniční most celkové délky 43,44 m přes řeku Teens Run. Spojitá nosná konstrukce je podepřena pomocí čtyř pilířů z pilot ukončených betonovým blokem a krajních podpěr. Postup vývoje a již nabitě zkušenosti mostních inženýrů umožnily od roku 1990 výstavbu integrovaných mostů s rozpětím delším než 100 m. Příklady těchto mostů jsou uvedeny v kapitole 3.4 a 3.5. [5], [6]

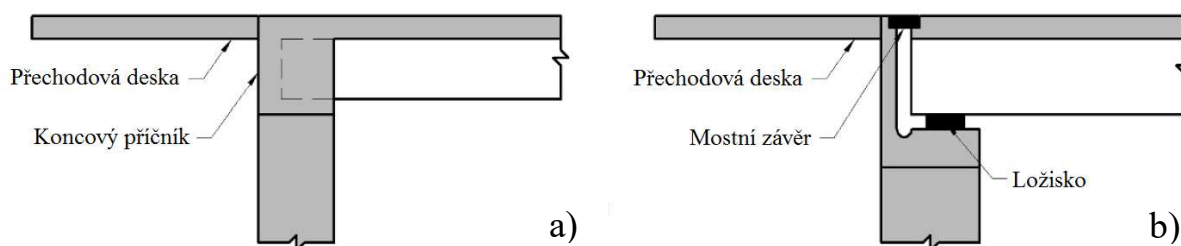
2.2 Odlišnosti od tradičních mostů

Již zmíněné vyloučení ložisek a mostních závěrů odlišuje integrované mosty od mostů dilatovaných. Tento konstrukční zásah vede k odlišnému konstrukčnímu řešení mostu, které se projeví i ve specifickém statickém působení a samotném návrhu.

2.2.1 Konstrukční odlišnosti

Nejdůležitější rozdíl z pohledu konstrukčního řešení je pevné spojení hlavní nosné konstrukce a opěr do jednoho celku. Toho je dosaženo pomocí koncového příčnicku, který ukončuje hlavní nosnou konstrukci a je zabudován do opěry a tvoří tzv. rámový roh. Tímto konstrukčním řešením se zároveň odstraní ložiska a mostní závěry, což přispěje ke snížení finanční náročnosti mostu a jeho delší životnosti. [4], [7]

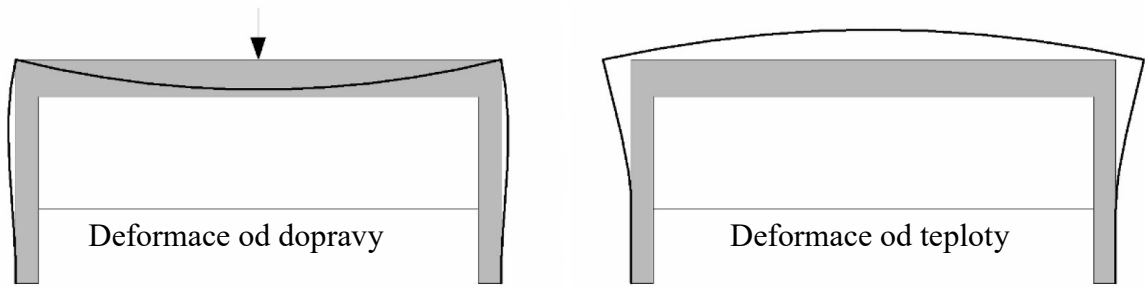
Druhou konstrukční odlišností je řešení oblasti za opěrou, ve které vozovka přechází z mostní konstrukce na přilehlý násyp. U dilatovaných mostů přechodová deska slouží k vyrovnání rozdílného sedání zemního tělesa a opěry, přičemž dilatační posuny nosné konstrukce jsou umožněny díky ložiskům a mostním závěrům. Na druhou stranu, integrované mosty nemají mezeru mezi nosnou konstrukcí a opěrou, která by umožnila dilatační posuny a přechodová deska je tudíž přímo spojena s koncovým příčnickem. [4]



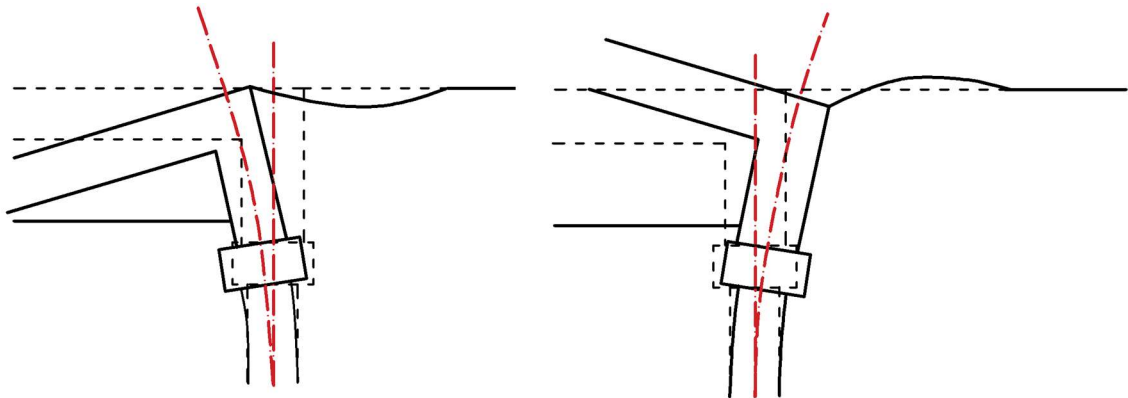
Obrázek 4 – Oblast přechodu: a) integrovaného; b) dilatovaného mostu. [7]

2.2.2 Statické odlišnosti

Hlavní statické odlišnosti tradičního a integrovaného mostu jsou důsledkem výše popsaného konstrukčního řešení. Pevným spojením nosné konstrukce mostu a opěry pomocí rámového rohu dojde k přenesení deformací z nosné konstrukce i na opěry a naopak. Důsledkem toho je spolupůsobení nosné konstrukce se spodní stavbou a přilehlou zemínou zásypu opěry. Vliv spolupůsobení se projeví především při zatížení dopravou a změnou teploty, kdy deformace hlavní nosné konstrukce způsobuje cyklické deformace opěr a jejich zatlačování do přilehlé zeminy. Velikost těchto deformací je závislá na tuhosti opěr a na odporu zeminy zásypu. [7]



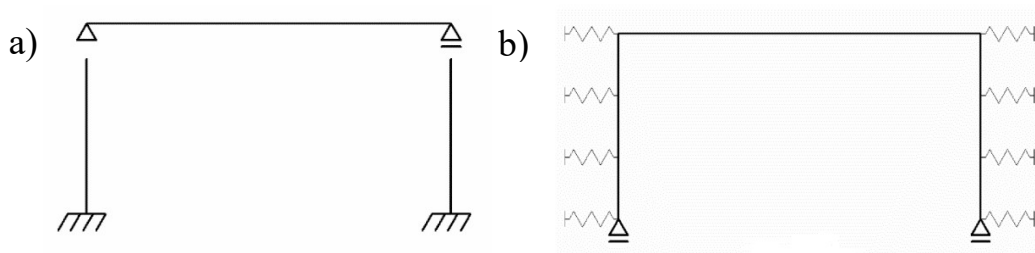
Obrázek 5 – Deformace integrovaného mostu od dopravy a teploty. [7]



Obrázek 6 – Deformace mostní konstrukce a přechodové oblasti vlivem délkových změn mostní konstrukce. [4]

2.2.3 *Odlíšnosti v návrhu*

S ohledem na výše popsané konstrukční uspořádání a statické působení je při návrhu integrovaného mostu nutné zohlednit spodní stavbu mostu. Při návrhu integrovaného mostu tedy není možné řešit nosnou konstrukci mostu a spodní stavbu odděleně, neboť tuhost opěr výrazně ovlivňuje průběh vnitřních sil v konstrukci mostu. Zároveň je nutné do návrhu integrovaného mostu zahrnout i vliv přilehlé zeminy. Způsoby modelování okolní zeminy a jejího spolupůsobení s opěrami mostu jsou popsány v kapitole 6.3. Právě cyklické stlačování zeminy zásypu od teplotního roztahování a smršťování nosné konstrukce výrazně ovlivňuje výslednou napjatost celého mostu. S touto napjatostí od teplotních změn je nutné počítat již v počátečním návrhu integrovaného mostu, neboť na rozdíl od mostů tradičních nemají ložiska, která by umožnila volné teplotní dilatace a omezila tak silové namáhání nosné konstrukce. [7]



Obrázek 7 – Statické schéma: a) dilatovaného; b) integrovaného mostu. [7]

2.3 Přednosti a nedostatky integrovaných mostů

V posledních desetiletích je zaznamenán značný nárůst počtu realizovaných integrovaných mostů. Důvodem je několik podstatných výhod, který tento typ mostů má. Jednou z nejvýznamnějších je vyloučení prvků s krátkou životností a nutností časté údržby, kterými jsou ložiska a mostní závěry. Tím se dosáhne rychlejší výstavby a nižších nákladů na realizaci a údržbu mostní konstrukce. Zároveň absencí mostních závěrů se dosáhne většího komfortu jízdy a snížení hlučnosti. [5] [4]

Vyloučením ložisek je možno zjednodušit i spodní stavbu. Příčnick ukončující nosnou konstrukci nahradí závěrné zídky, dilatační mezeru mezi nosnou konstrukcí a opěrou a podložiskové bloky. Nepřítomnost ložisek také umožní zeštíhlení úložných prahů, na které již není třeba osazovat zvedací lisy. Zmenšením rozměrů opěry je možno zjednodušit i založení mostu, která může sestávat například pouze z jedné řady pilot nebo redukováných plošných základů. Tato konstrukční zjednodušení výrazně sníží zemní práce, spotřebu materiálu a časovou náročnost výstavby a zároveň sníží finanční náklady na realizaci. [5] [4] [7]

Další výhodou je monolitické spojení opěr a nosné konstrukce. Spojení zajistí dokonalé přenesení ohybových momentů a tahových sil, tím pádem dojde k částečnému přerozdělení maximálních ohybových momentů z průřezu uprostřed rozpětí do průřezů nad podporami a je tedy možné navrhnout štíhlejší nosné konstrukce. Snížením ohýbané výšky průřezu mostu se dosáhne nejen úspory materiálu, ale i snížení konstrukční výšky, která je mnohdy rozhodující. [5] [4]

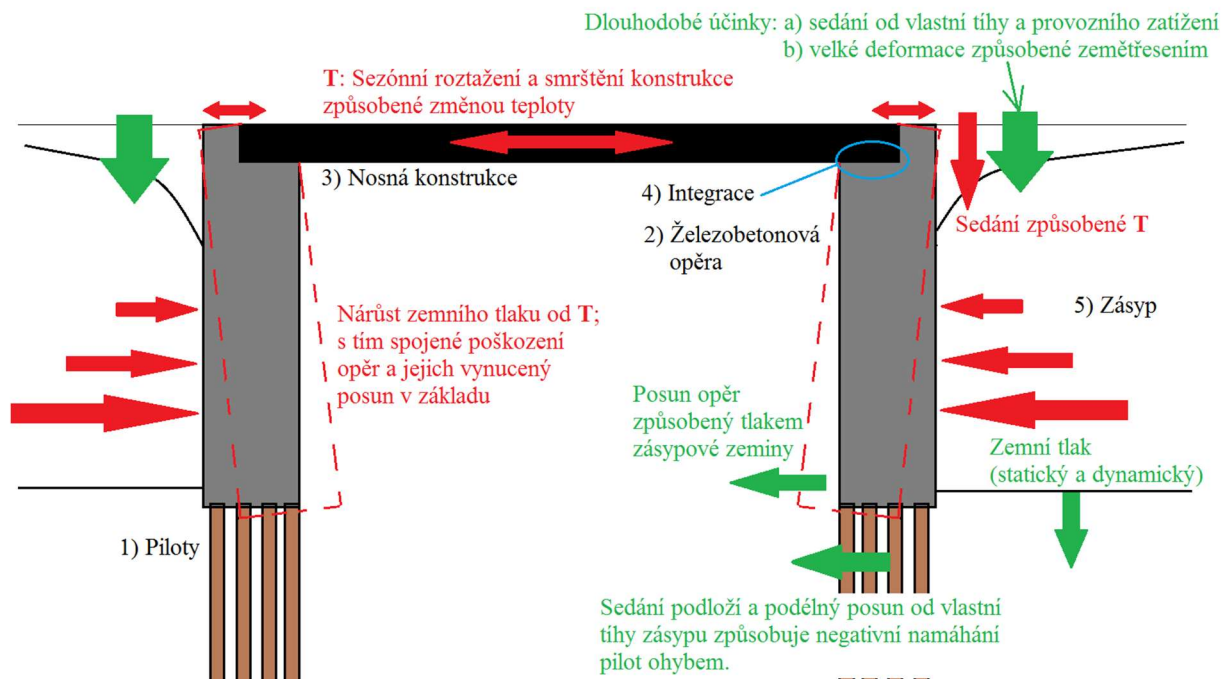
Poslední nezanedbatelnou výhodou integrovaných mostů je větší stabilita oproti klasickým mostům uloženým na ložiskách. Této stability je dosaženo „zaintegrovaním“ nosné konstrukce do spodní stavby a zeminy za opěrami. Integrovaný most se takto stává odolnější proti seizmicitě, povodním, nárazům vozidel a jiným mimořádným situacím. [8]

Integrované mosty mají ale i své nevýhody, kterými je například podstatně složitější návrh oproti tradičním dilatovaným mostům. Do návrhu integrovaného mostu je nutno zahrnout interakci podloží a samotné konstrukce. Dalším významně ovlivňujícím faktorem jsou cyklické posuny opěr od teploty, které přispívají k většímu sedání zásypové zeminy opěry. Tento problém je třeba řešit například zřízením přechodových desek nebo vhodným vyztužením zemního tělesa. U mostů založených na pilotách patří mezi nevýhody nemožnost uvážení plášťové únosnosti piloty. Z tohoto důvodu je nutné navrhovat piloty větších délek, které ovšem opět zvýší náklady stavby. [5] [4]

Po uvážení všech výhod i nevýhod se integrované mosty jeví jako ekonomičtější po dobu výstavby i jejich životnosti. Vhodné jsou především pro mosty kratších rozpětí do délky 60 m, u kterých ještě nevznikají velké vodorovné síly od dilatačních posunů [7]. Předpokladem dosažení všech výše zmíněných výhod integrovaných mostů je ovšem kvalitní zpracování návrhu s uvážením všech možných situací.

3 INTEGRAL BRIDGE

Prvním typem integrovaného mostu je tzv. *Integral bridge*, který měl za cíl vyřešit konstrukční nedostatky klasických ocelových mostů a mostů z předpjatého betonu, u kterých je nosná konstrukce uložena na ložiskách. Jedná se většinou o rámový most, který nemá nosnou konstrukci uloženu na ložiskách, ale je zde nosná konstrukce tuze spojena s opěrami. Tento typ mostů je dnes pro svou jednoduchost a ekonomičnost hojně využíván ve Velké Británii, Německu, USA a Kanadě.



Obrázek 8 – Konstrukční a statické nedostatky *Integral bridge*: čísla značí fáze výstavby; zelené popisy znázorňují problémy spojené s výstavbou, červené popisy potom problémy vznikající během užívání mostu. [2]

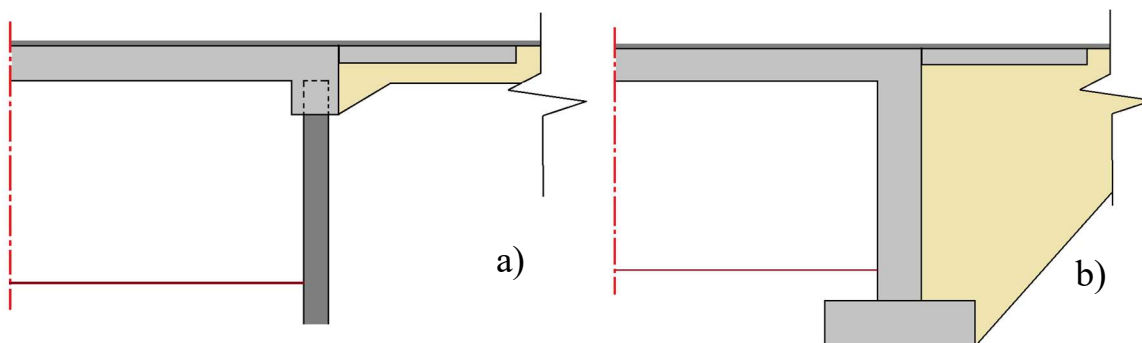
3.1 Konstrukční řešení

Konstrukčních řešení integrovaných mostů, využívajících jako hlavní materiál beton, je celá řada. Liší se jak v provedení spodní stavby, tak i v návrhu nosné konstrukce, přechodových oblastí i založení. Tato práce se bude především věnovat geotechnickému pohledu na integrovaný most. Především prvkům spolupůsobícím se zásypem opěry, což jsou právě zmíněné opěry a jejich založení a oblasti přechodu mezi nosnou konstrukcí a tělesem násypu.

3.1.1 Opěry

Obecně lze rozdělit opěry do dvou hlavních skupin – poddajné opěry a tuhé opěry. Podstata rozdílu je ve velikosti odporu, který klade opěra proti jejímu ohybu vyvolanému působícím zatížením. Příkladem poddajné opěry je pilotová stěna (obrázek 9a), nahoře ukončena příčnickem a přímo spojena s nosnou konstrukcí. Příkladem tuhé opěry je klasická masivní železobetonová opěra (obrázek 9b), která spolu s nosnou

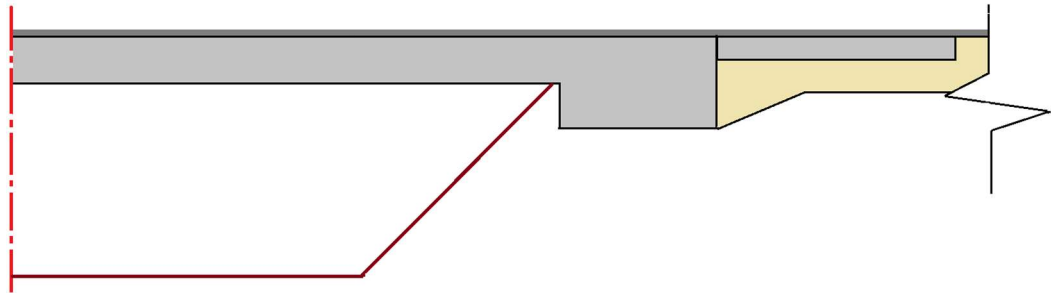
konstrukcí tvoří staticky neurčitý rám. Metoda přístupu poddajné nebo tuhé opěry významně ovlivňuje návrh celého integrovaného mostu, neboť je cílem buď deformace od zatížení omezit na minimum – případ tuhých opěr, nebo deformace umožnit alespoň z jejich velké části a tím snížit velikost účinku zatížení na celou mostní konstrukci – případ poddajných opěr. [9]



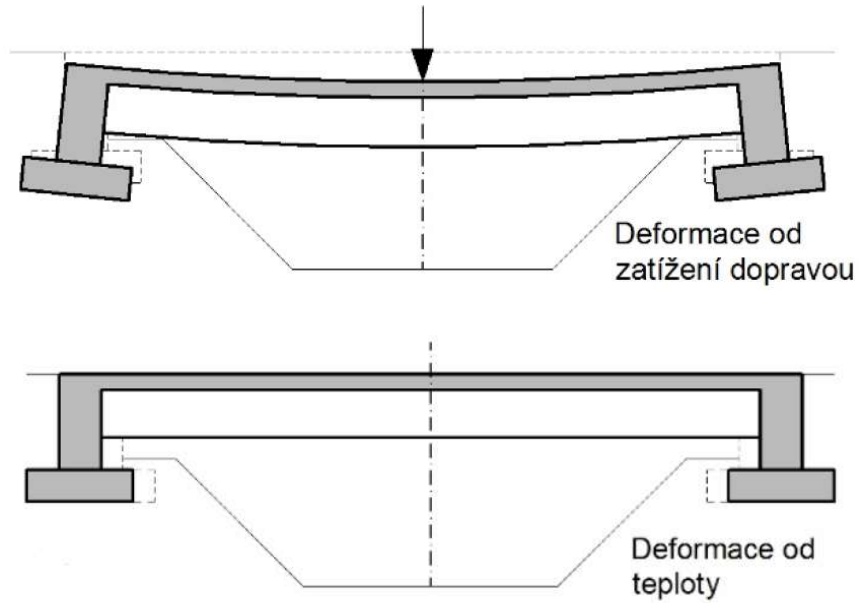
Obrázek 9 – Příklad opěry typu: a) pilotová stěna; b) masivní železobetonová opěra. [9]

Druhou možností je dělení na opěry plné výšky a na opěry uložené na násypu:

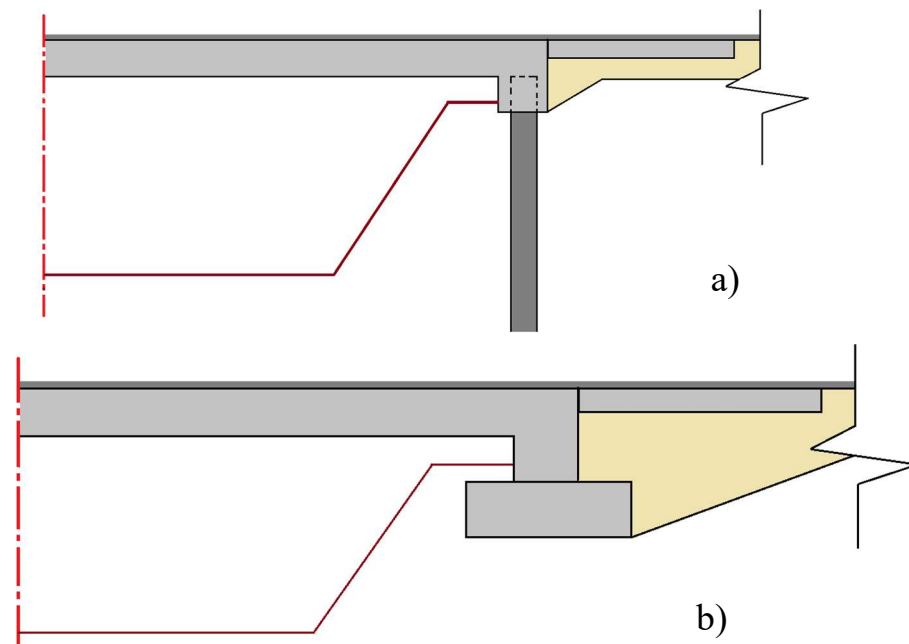
- 1) Opěry plné výšky mohou být masivní železobetonové stěnové, založené na pilotách nebo plošném základu (obrázek 9b). Případně mohou být vytvořené z pilotových stěn (obrázek 9a). Výhodou opěr plné výšky je volný průjezdný prostor pod mostem, například pro vedení komunikace, který není omezen zemním kuželem před opěrou. U opěr plné výšky dochází k jejímu významnému spolupůsobení se zeminou zásypu. Staticky mohou opěry plné výšky působit jako poddajné nebo tuhé. [9], [4]
- 2) Opěry uložené na násypu jsou často navrhovány k překonání vodních toků, kde násep částečně tvoří koryto řeky nebo pro přemostění jednotlivých komunikací mosty s kratším rozpětím. Toto vcelku ekonomické řešení se uplatňuje v místech, kde není přesně definován volný prostor pod mostem, a je možno ho částečně omezit zemním kuželem před opěrou. Nízká opěra může být založena plošně nebo hlubinně. Zvláštním případem spodní stavby integrovaného mostu na násypu, používaného obzvláště v UK, je tzv. svahový blok, který nahrazuje příčník a zároveň opěru (obrázek 10). Spolupůsobení těchto mostů s přilehlou zeminou je kvůli malé výšce opěr značně omezeno. Deformace od vnějšího zatížení se v případě plošného založení na násypu odehrává v základové spáře opěry, jak je ilustrováno na obrázku 11. Právě proto je tato varianta vhodná pouze v případě dostatečně únosného podloží a kratšího rozpětí mostu. V opačném případě je nutné zakládat nízkou opěru na násypu hlubinně. (obrázek 12a). [9], [4], [7]



Obrázek 10 – Svahový blok. [9]



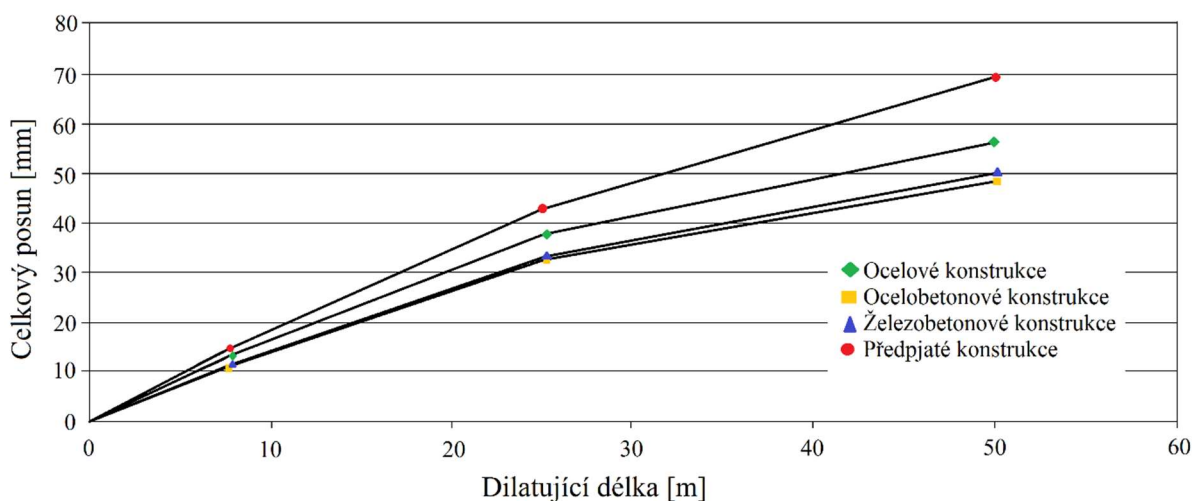
Obrázek 11 – Deformace mostu založeného na násypu od zatížení dopravou a teplotou. [7]



Obrázek 12 – Opěra mostu založená na násypu a) hlubinně; b) a plošně. [9]

3.1.2 Přechodové oblasti

Přechodová oblast je část zemního tělesa přiléhajícího k opěře mostu. V tomto místě dochází k přechodu komunikace z nosné konstrukce na zemní těleso. U integrovaných mostů je přechodová oblast bez mostních závěrů, ve kterých se u tradičních mostů odehrává vyrovnání nerovností od rozdílného sedání a umožnění volných dilatačních posunů. Velikosti dilatačních posunů závisí na délce dilatačního celku a materiálu mostní konstrukce (viz obrázek 13). Aby se omezila tvorba trhlin, nerovností a boulí na povrchu komunikace, řeší se přechodové oblasti u integrovaných mostů dokonale zhutněným zásypem opěry. V případě mostů delších rozpětí i použitím přechodové desky.

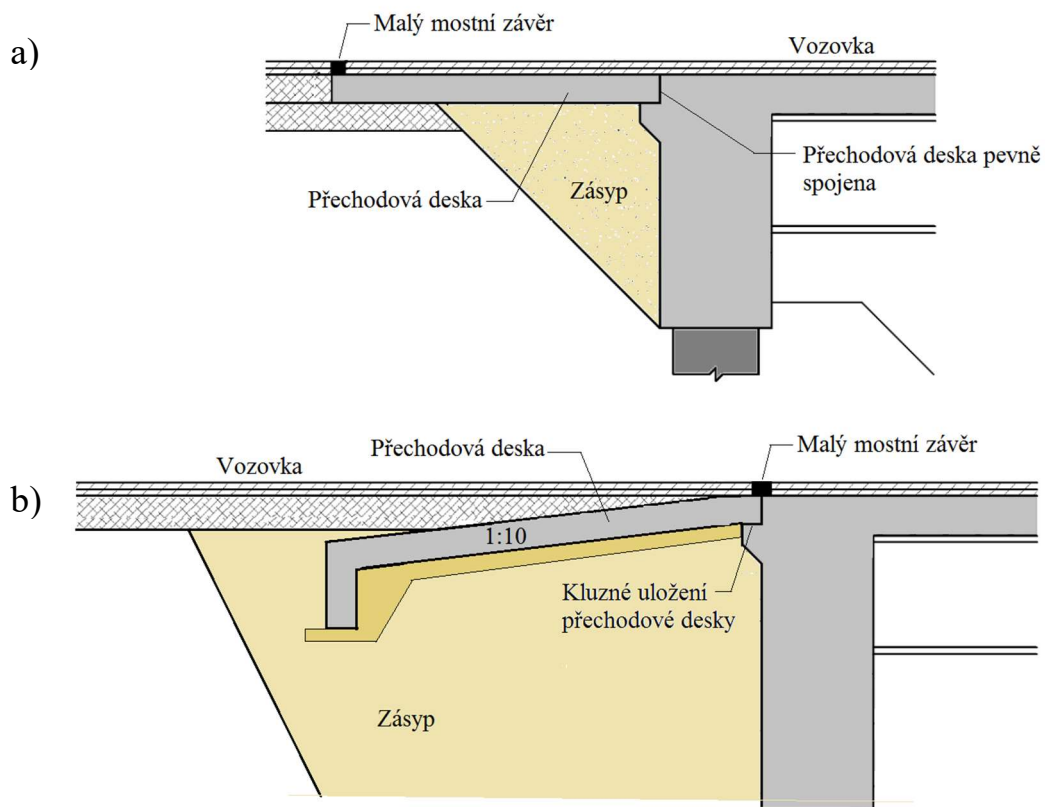


Obrázek 13 – Posuny koncové podpěry integrovaného mostu v závislosti na materiálu konstrukce a dilatační délce. Předpokládá se pevný bod uprostřed délky konstrukce (tj. celková délka je dvojnásobkem dilatační délky). [4]

Kvalitní zhutnění zásypu opěry omezí jeho následné dlouhodobé sedání na minimum a zároveň zvýší jeho tuhost. Právě vysoká tuhost zásypové zeminy, dosažená kvalitním zhutněním, značně přispívá ke spolupůsobení zeminy s konstrukcí mostu a omezuje deformace mostu od vnějšího zatížení.

Přechodová deska se používá u integrovaných mostů větších rozpětí, kde jsou vodorovné deformace již značné. Přechodová deska je pevně nebo kluzně spojena s opěrou a k přenesení vodorovných deformací dochází po celé její délce. Tvar přechodové desky je různý v závislosti na charakteru spojení s opěrou, jako příklad jsou uvedeny možnosti (viz obrázek 14). Pro ještě větší omezení trhlin u mostů velkých rozpětí, se do povrchu komunikace (asfaltových vrstev) umísťují malé mostní závěry, které umožní lepší přenesení deformací. Pro tyto účely se často u pozemních komunikací používá elastický nebo podpovrchový mostní závěr. Ekonomičtější varianta pro málo frekventované komunikace nebo lávky pro pěší je mostní závěr tvořený dlažbou. Umístění mostního závěru je dáno typem spojení opěry přechodové desky. Zatímco u kluzného spojení je mostní závěr situován na rozhraní opěry a přechodové

desky, kde dochází k největšímu namáhání povrchu komunikace, u pevného spojení se tento problém přesouvá až na její konec. [4], [7]



Obrázek 14 – Možnosti návrhu přechodové oblasti: a) pevné spojení [7]; b) kluzné uložení [4].

3.2 Výhody a nevýhody

Hlavní výhodou, kterou přinesl koncept návrhu integrovaného mostu zvaného *Integral bridge*, je vyloučení ložisek. Touto konstrukční úpravou se docílilo rychlejší výstavby a nižších nákladů na výstavbu a následnou údržbu po dobu životnosti mostu. Mimo jiné se i zvýšila stabilita proti zemětřesení oproti klasickým mostům uloženým na ložiskách.

I přes zmíněné výhody tohoto typu mostu stále není vyřešena otázka zeminy za opěrou. V důsledku cyklického namáhání nosné konstrukce rozdílnými teplotami v zimním a letním období dochází k vzniku vysokého zemního tlaku působícího na opěry a k velkému sedání zeminy za opěrou, a to i přes snahu o dokonalé zhutnění zásypu. Jako řešení těchto problémů se zeminou v oblasti za opěrou byla japonskými železničními inženýry navržena její úplná náhrada za dobře zrněný štěrk nebo za dobře zrněný štěrk stabilizovaný cementem. Tyto technologie, které měly přinést mimo jiné i zvýšení stability mostu proti zemětřesení se však neosvědčily. [2]

Zvýšení stability zemního tělesa se až posléze dosáhlo pomocí výztužných geomříží, které byly v pravidelných odstupech ukládány po vrstvách do hutněného zásypu. Toto vyztužení pozitivně přispělo i k omezení dohutňování zásypu za opěrou, které je způsobené teplotními cyklickými deformacemi opěry. Právě omezené dohutňování

zásypu zabránilo vzniku velkých svislých deformací zásypu a velkých zemních tlaků působících na opěru. Zároveň výztužná geomříž zasahující i do rozhraní přechodové desky a násypu eliminuje velké svislé deformace povrchu vozovky a roznese tuto deformaci plynuleji na delší úsek. [10]

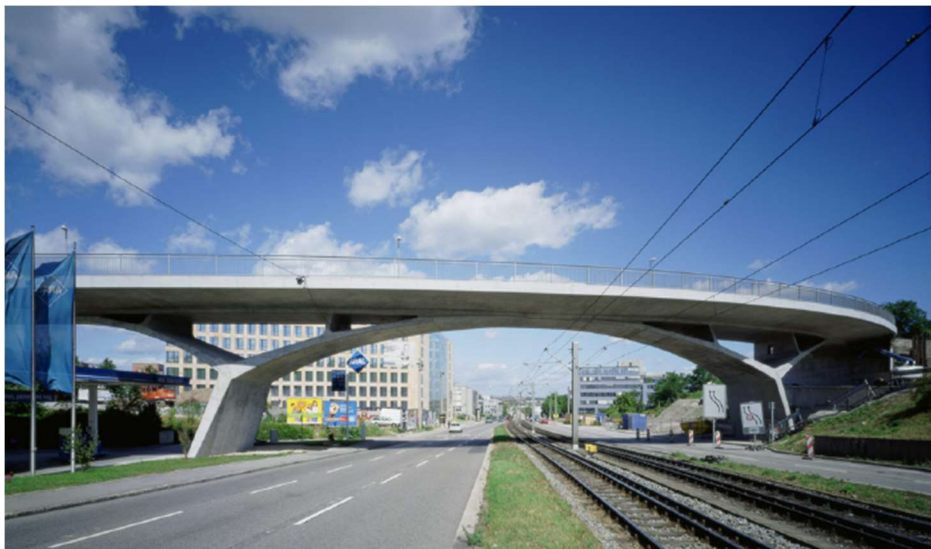
3.3 Postup výstavby

Postupu výstavby integrovaného mostu typu *Integral bridge* je nutné věnovat zvýšenou pozornost. Při provádění je nutné dodržovat požadavky předepsané projektantem a případnou změnu konzultovat. V zásadě jde nejvíce o dodržení požadavků na teplotu při spojení – zmonolitnění opěry s hlavní nosnou konstrukcí mostu a při pokládání vozovky. Při nedodržení předepsaných požadavků na teplotu, může dojít k negativnímu ovlivnění napjatosti mostní konstrukce a průběhu vnitřních sil po konstrukci. Tato napjatost může v průběhu životnosti mostu způsobit porušení přechodových oblastí mostu, porušení povrchu vozovky, atd. [3]

3.4 Příklady integrovaných mostů typu *Integral bridge*

3.4.1 *Silniční nadjezd přes Heilbronner Strasse, Německo*

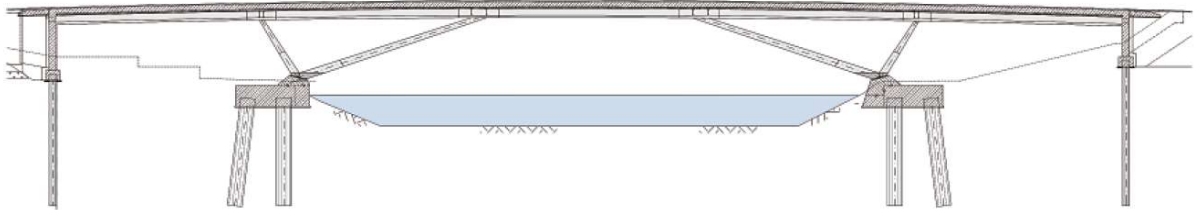
Most na Auerbachstrasse, dokončen roku 2003, překračuje jednu z hlavních komunikací přivádějících dopravu do centra Stuttgartu. Most byl navržen jako integrovaný, celkové délky 130 m. Železobetonový čtyřpolový most, jehož spodní stavba je tvořená oblouky, nese železobetonovou deskovou hlavní nosnou konstrukci. Elegantní, štíhlá a lehká konstrukce integrovaného mostu splnila i požadavek architektů, aby most představoval vstupní bránu do centra Stuttgartu. [11]



Obrázek 15 – Silniční integrovaný nadjezd přes Heilbronner Strasse. [23]

3.4.2 *Silniční most Bleichinselbrücke, Německo*

Nově dokončený most (2015), celkové délky 88 m a šířky 24 m, překračuje řeku Alt-Neckar v centru města Heilbronn. Spojuje tak novou rezidenční oblast na severním okraji ostrova Bleichinsel s centrem města. Pětipolový most je navržen z prefabrikované železobetonové desky, která je na místě monoliticky spojena se dvěma ocelovými nosníky. Svařené ocelové nosníky čtvercového průřezu jsou neseny dvěma šikmými podpěrami tvaru V, které jsou ukotveny do základových bloků na březích řeky. Nosná konstrukce je monoliticky pevně spojena jak s krajními podpěrami, tak i se šikmými vzpěrami a není zde tedy potřeba osazovat ložiska. [12]



Obrázek 16 – Most Bleichinselbrücke, Německo. [12]

3.4.3 *Lávka Kujira, Japonsko*

Jednopolový most, sloužící jako lávka pro pěší a cyklisty, překračuje hlavní komunikaci v centru Tokya–Inagi. Most dokončený roku 1997, je navržen jako jednopolový, dodatečně předpínaný, sestavený z betonových prefabrikovaných částí. [5]



Obrázek 17 – Lávka Kujira, Japonsko. [24]

3.4.4 *Happy Hollow Creek, USA*

Dálniční most Happy Hollow Creek na State Route 50 byl v roce 2000, se svou celkovou délkou 358 m, nejdelším integrovaným mostem v USA. Půdorysně zakřivený devítipolový most překračuje údolí potoku Happy Hollow. Nosná konstrukce mostu je sestavena z prefabrikovaných předpjatých nosníků, tzv. *bulb-tee*, na které je vybetonována monolitická deska. Nosná konstrukce je podepřena osmi štíhlými pilíři a krajními podpěrami, se kterými je monoliticky spojena. [13], [5]



Obrázek 18 – Most Happy Hollow Creek, USA. [25]

3.4.5 *Silniční most Brockhampton, UK*

Silniční nadjezd nad dálnicí A27, v hrabství Hampshire na jihu UK, byl dokončen roku 2001. Most je navržen jako integrovaný, třípolový, s celkovou délkou 65,5 m. Spojitá nosná konstrukce je tvořena ocelovými hlavními nosníky, které jsou pevně spojené s pilíři a opěrami mostu, založenými na pilotách. [6]



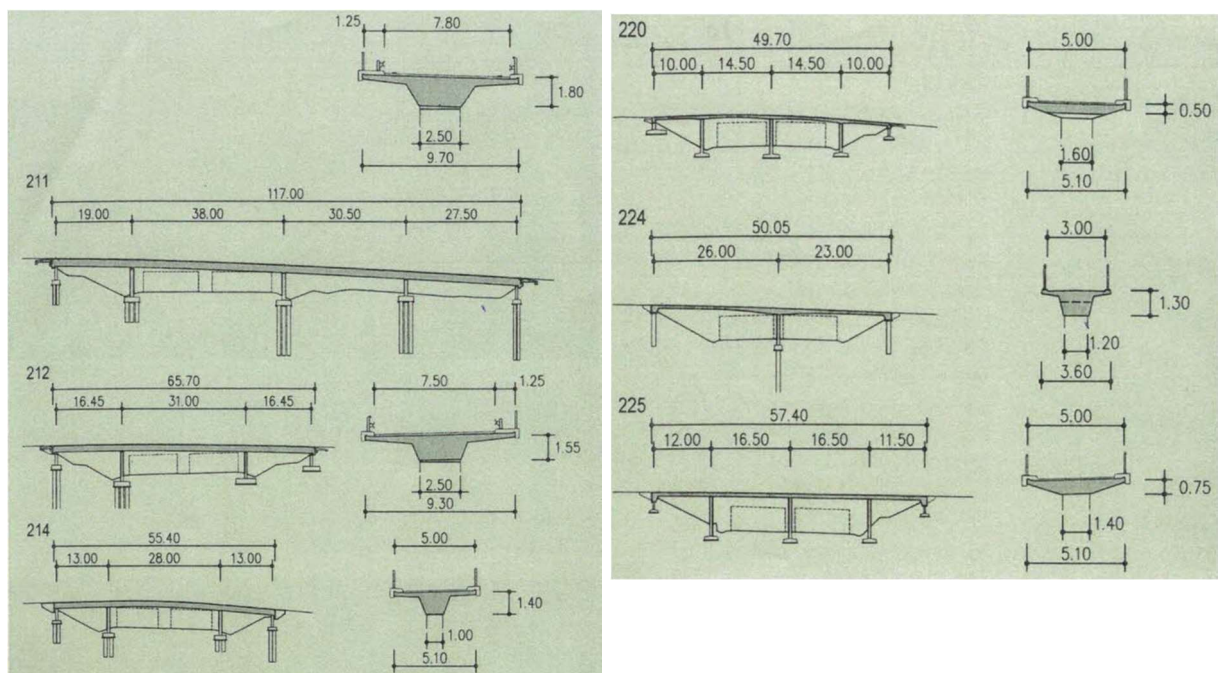
Obrázek 19 – Silniční most Brockhampton, UK. [6]

3.5 Integrované mosty na silnici I/11, Česká republika

V rámci projektu modernizace silnice I/11, v úseku „Mokré Lazce – hranice okresu Opava, Ostrava“ a úseku „Ostrava, prodloužená Rudná – hranice okresu Opava“, bylo navrženo a postaveno celkem šest integrovaných nadjezdů. Silnice I/11 je významnou severomoravskou dopravní tepnou spojující města Opavu, Ostravu a Mosty u Jablunkova se Slovenskou republikou. Původní komunikace nevyhovovala kapacitním a bezpečnostním požadavkům, a proto bylo v rámci modernizace úseku navrženo rozšíření komunikace na kategorii S 22,5/80. První ze zmiňovaných úseků byl dokončen v říjnu roku 2015. Druhý úsek je stále ve výstavbě a jeho dokončení se předpokládá v listopadu 2017.

V úseku „Mokré Lazce – hranice okresu Opava, Ostrava“ byly realizovány celkem tři integrované nadjezdy – SO 211, SO 212, SO 214. Betonové předpjaté jednotrámové nosné konstrukce těchto nadjezdů jsou ukončeny příčníky podepřenými kyvnými stojkami, které nahrazovaly koncové opěry.

V úseku „Ostrava, prodloužená Rudná – hranice okresu Opava“ jsou jako integrované konstrukce navrženy nadjezdy SO 220, SO 224 a SO 225. Mosty SO 220 a SO 225 jsou navrženy s deskovou železobetonovou nosnou konstrukcí lichoběžníkového tvaru. V obou případech je deska rámově spojena s vnitřními podpěrami a na koncích je ukončena koncovými příčníky podepřenými kyvnými stojkami. Protože oba nadjezdy převádějí polní cestu, přechod mezi mostem a vozovkou je tvořen dlažbou. Objekt SO 224 je navržen jako integrovaná lávka pro pěší. Její nosná jednotrámová konstrukce je tuze spojena se střední podpěrou, a na koncích je ukončena příčníky podepřenými vrtanými pilotami. [14]



Obrázek 20 – Podélné a příčné řezy integrovaných nadjezdů na silnici I/11. [14]



Obrázek 21 – Integrované nadjezdy na silnici I/11; a) SO 214; b) SO 212; c) SO 220. [14]

4 GRS INTEGRAL BRIDGE

Druhou skupinou integrovaných mostů jsou mosty, jejichž opěry jsou tvořeny zeminou vyztuženou geosyntetikem s nosnou konstrukcí vetknutou do horní části opěr. Hlavním představitelem integrovaných mostů, které využívají vyztuženou zeminu je tzv. *GRS integral bridge*, kterému bude věnována tato kapitola.

4.1 Vývoj GRS integral bridge

S postupujícím vývojem nových materiálů, snahou eliminovat finanční náklady na výstavbu a cílem postavit konstrukci s co možná nejmenším dopadem na životní prostředí se stala zemina jedním z materiálů, které mohou nahradit klasické stavební hmoty jako například beton. Jedna z prvních stavebních konstrukcí, která začala okolo roku 1975 využívat zeminu jako stavební materiál je tzv. *Geosynthetic reinforced soil (GRS) retaining wall (RW) with full- height rigid facing (FHR facing)*.

4.1.1 GRS–RW with FHR facing

GRS–RW with FHR facing sestává z geosyntetikem vyztužené zeminy a tuhého betonového obkladu, se kterým je tato výztuž pevně spojena. Betonový obklad je budován na místě z čerstvě ukládaného betonu, což zajistí dokonalé spolupůsobení obkladu a zásypu opěry. Přesnější popis a specifiky výstavby jsou uvedena v následujících kapitolách. [8]

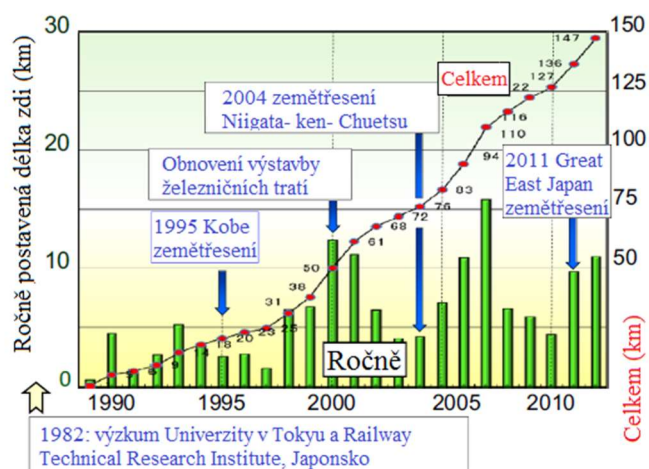
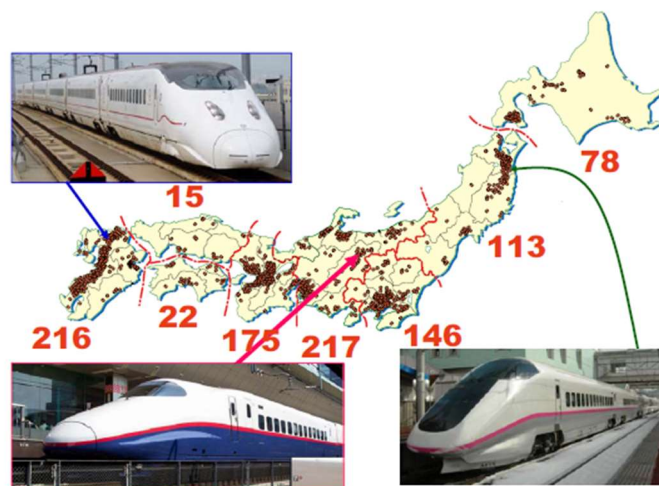
Hlavní důvod proč se použití vyztužené zeminy, jako stavebního materiálu, stává čím dál více oblíbeným stavebním prvkem je především vysoká finanční efektivita konstrukce, krátká doba výstavby a vysoká výkonnost stavby. Hlavní důvod finanční efektivnosti tkví v omezení zemního tlaku na opěru. U běžných betonových konzolových opěrných zdí působí na její zadní stranu značný zemní tlak od nevyztuženého zásypu, který má tendenci tuto konstrukci překlomit okolo její paty. Pro zajištění stability je nutné založení na pilotách a husté vyztužení betonové opěrné zdi, což stavbu značně prodražuje. Omezení zemního tlaku na opěru se dosáhne pomocí výztužných geomříží, které jsou v pravidelných odstupech vkládány do zeminy.

Z předností *GRS–RW with FHR facing* se nejvíce těší Japonsko, kde mají se stavbou této opěrné zdi bohaté zkušenosti (viz obrázek 23). Pro ilustraci je uveden nejčastější případ použití:

Násypy železničních tratí pro běžné i vysokorychlostní vlaky. V období 1982–2013 bylo v Japonsku postaveno okolo 150 km těchto opěrných zdí na 982 staveništích, které stabilizují zeminu násypu a zmenšují potřebnou plochu pro jeho vybudování. Vzhledem vysoké stabilitě násypů používajících tuto technologii a častému zemětřesení v Japonsku se stala tato nová konstrukce standardem japonských železničních cest. [15]



Obrázek 22 – Pohled na *GRS-RW with FHR facing* na trase Hokkaido Shinkansen, část Mantaro. [8]



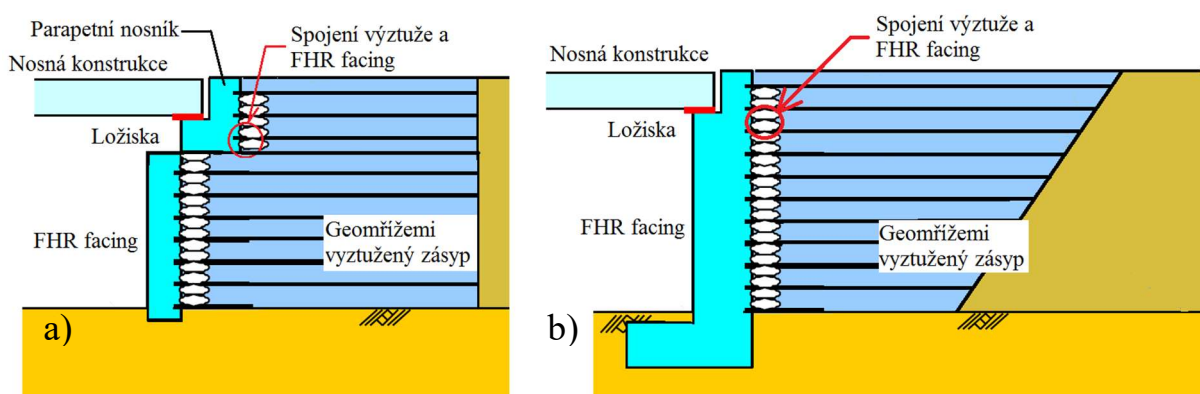
Obrázek 23 – Umístění a délka *GRS-RW with FHR facing* postavených v období 1982–2013. [15]

4.1.2 GRS–RW bridge

Rozšířením technologie *GRS–RW* se stala zemina více používaným stavebním materiálem. V 90. letech 19. století se objevila myšlenka využití takto vyztužené opěrné zdi pro opěry mostů, kdy nosná konstrukce je uložena na ložiscích na vrchní části betonového obkladu (*FHR facing*) opěry. [8] Tímto vznikl nový typ mostu pojmenovaný *GRS–RW bridge*.

GRS–RW bridge využívá výše zmíněnou *GRS–RW with FHR facing*, neboli opěru tvořenou vyztuženou zemínou plně spolupůsobící s tuhým betonovým obkladem. Na vrcholu *FHR facing* je pomocí ložisek umístěných na parapetním nosníku uložena hlavní nosná konstrukce mostu. Ačkoliv *GRS–RW bridge* vyřešil otázku vysokého zemního tlaku na opěru pomocí vyztuženého zásypu a redukoval betonářské práce na staveništi, stále je zde několik nevýhod:

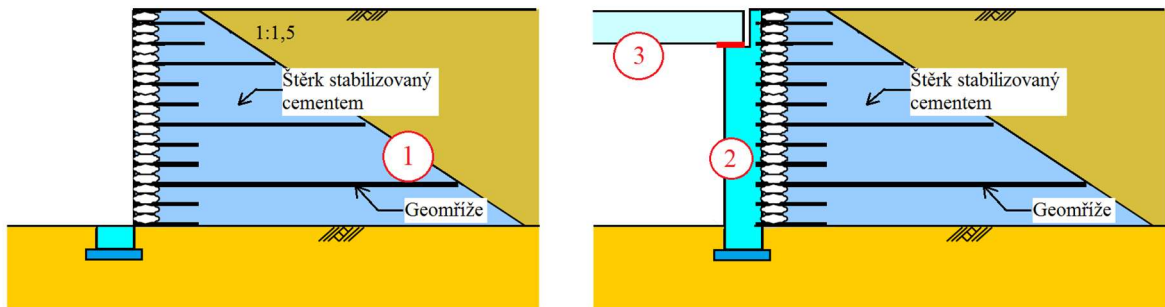
- 1) První z nich je omezená délka hlavní nosné konstrukce, která je ovlivněna vertikální tuhostí opěry v místě uložení. Tuhost opěry je omezena umístěním parapetního nosníku přímo na *GRS–RW*, což způsobuje dlouhodobé sedání zeminy v místě jeho uložení.
- 2) Nevýhodou stále zůstávají přítomná ložiska, která zvyšují náklady na stavbu a následnou údržbu.
- 3) Ačkoliv stabilita proti zemětřesení *GRS–RW with FHR facing* je velmi vysoká, celkové stabilitě mostu to v případě uložení nosné konstrukce na ložiska podporované parapetním nosníkem nepomůže. Z tohoto důvodu se začala nosná konstrukce přímo ukládat na vrchol *FHR facing*, což má za následek větší dynamickou stabilitu a úplné znemožnění dlouhodobého sedání od svislého přetížení zeminy opěry. I přes to, že *GRS–RW bridge* se prokázal jako ekonomičtější ve fázi výstavby i po dobu životnosti oproti tradičnímu mostu, stále jsou zde přítomna ložiska s jejich nevýhodami.



Obrázek 24 – *GRS–RW bridge* s ložisky umístěnými na: a) parapetním nosníku; b) horním lící *FHR facing*. [2]

Tento typ *GRS–RW bridge* byl později vylepšen o předpjatou výztuž zeminy a zásypový materiál byl nahrazen šterkem stabilizovaným cementem (viz obrázek 25). Výstavba

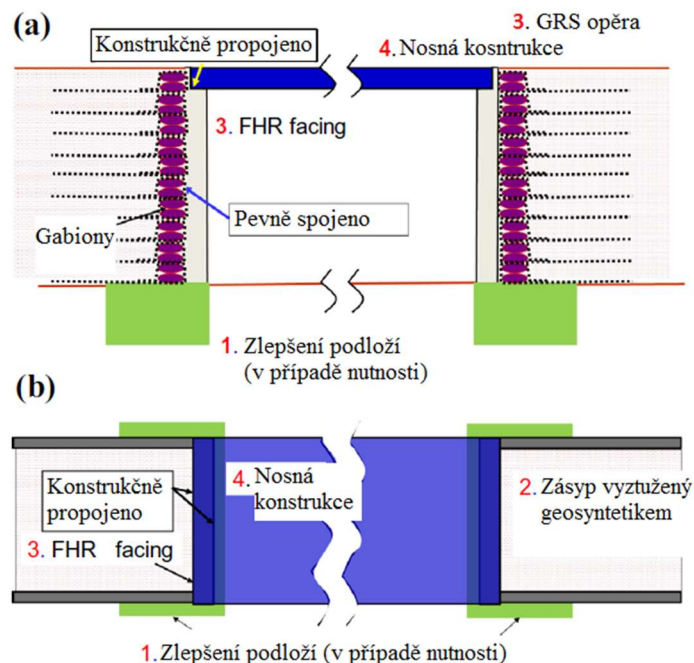
opěry *GRS–RW bridge* je časově nenáročná. První fází výstavby je vytvoření zásypového tělesa, které sestává z jednotlivých vrstev zeminy proložených výztužnou geomříží a zakončenou lícím prvkem – štěrkovým pytlek. Po dokončení této fáze přijde na řadu betonáž subtilní obkladní zdi (*FHR facing*). Nakonec se na horní část *FHR facing* osadí ložiska a nosná konstrukce. Postup výstavby je znázorněn na obrázku 25. Tato vylepšená konstrukce mostní opěry byla poprvé použita japonskými inženýry na stavbu vysokorychlostního železničního mostu v Tokyu a je i nadále úspěšně navrhována. [2]



Obrázek 25 – *GRS–RW bridge* se zásypem ze štěrku stabilizovaného cementem; čísla značí postup výstavby. [2]

4.1.3 *GRS integral bridge*

Cílem nového integrovaného mostu s názvem *GRS integral bridge* je co nejvíce redukovat konstrukční a statické nevýhody všech dosud popsanych mostů – tradiční most s ložisky, *GRS–RW bridge* a *Integral bridge*. Autorem tohoto návrhu je profesor Tatsuoka z Japonska se svým kolektivem. Nový typ mostu využívá výhody výše zmíněných mostů a řeší jejich nedostatky novým návrhem.



Obrázek 26 – Schéma *GRS integral bridge* (čísla určují pořadí výstavby): (a) příčný řez; (b) půdorys. [8]

4.2 Konstrukční řešení

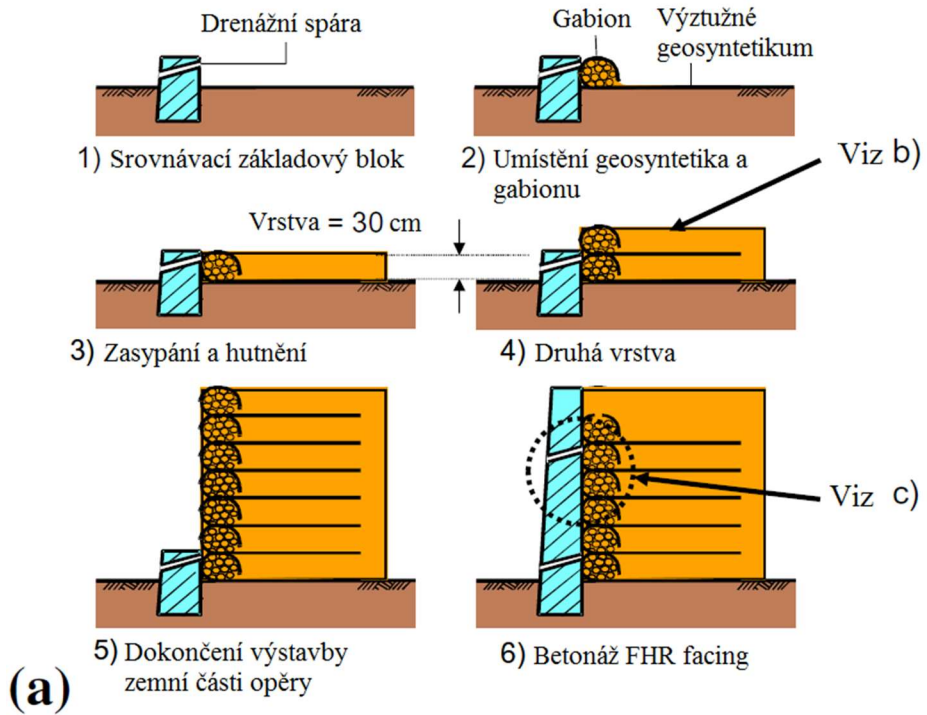
GRS integral bridge úspěšně využívá ověřenou technologii *GRS–RW with FHR facing*, s tím rozdílem, že nosná konstrukce je integrována přímo do horní části *FHR facing*. Tímto se odstraní problémy s ložisky i problémy zvýšeného zemního tlaku na opěru od nevyztuženého zásypu.

Pro správnou funkci *GRS integral bridge* je důležité dodržení postupu výstavby, který sestává z následujících kroků:

- 1) Prvním fází je výstavba samotné konstrukce *GRS–RW*, která je ilustrována na obrázku 27a. Počátečním krokem je vytvoření mělkého betonového základu malých rozměrů po délce vnější hrany opěry mostu. Následuje ukládání zeminy po vrstvách, jejichž výška je zhruba 30 cm. Každá vrstva má na svém styku s opěrou lícni prvek, na jehož výšku je následně dorovnána a zhutněna jedna vrstva zeminy. Tato vrstva tvořena zeminou a lícním pvkem je následně překryta plošným geosyntetikem, které bude pevně spojeno s *FHR facing*. Postupným ukládáním jednotlivých vrstev se takto pokračuje, až se dosáhne požadované výšky opěry.
- 2) Druhou fází je betonáž slabě vyztužené opěrné zdi (*FHR facing*), která začne až po skončení sedání postaveného zásypu a podloží. Čerstvý beton ukládaný na místě do připraveného bednění, drženého pomocí kotev zabudovaných do těla opěry, zaručí po ztuhnutí dokonale tuhé spojení s výztuží zeminy.
- 3) Poslední fází je osazení hlavní nosné konstrukce, případně její betonáž, do bednění a její integrace do horní části *FHR facing*.

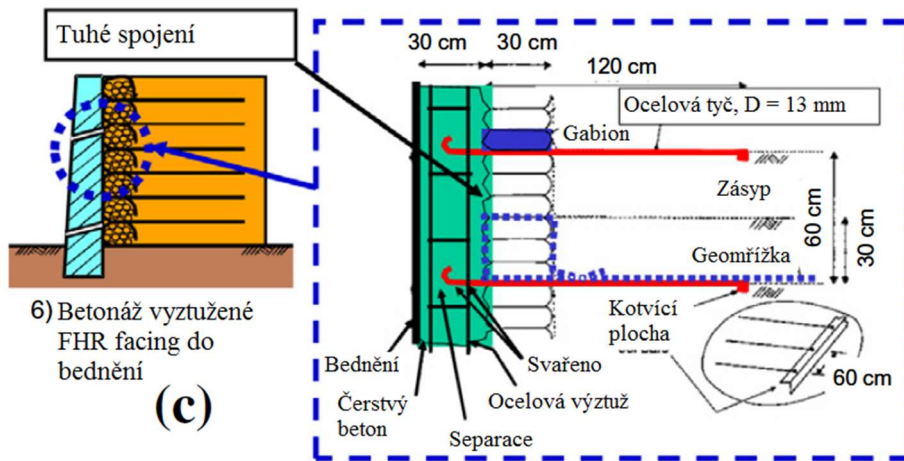
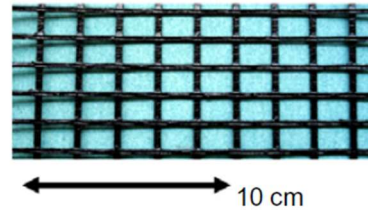
V případě velkého vodorovného zatížení opěry nebo požadovaného omezení sedání opěry, může mít postup výstavby dvě následující schémata. Volba postupu výstavby je určena velikostí sedání podloží:

- 1) U relativně malého sedání podloží se jako první vyvrtají a vybetonují piloty. Následuje výstavba *GRS–RW*, přesně podle výše popsaného postupu, která je dokončena betonáží *FHR facing*. Jako poslední přijde na řadu osazení nosné konstrukce a její integrace do opěr.
- 2) V oblastech, kde dochází k velkému sedání podloží, je důležité začít jako první s výstavbou *GRS–RW*. Její postup výstavby bude stejný, až na betonový základ, který bude realizován po vyvrtání pilot spolu s betonáží *FHR facing*. Poslední fáze je stejná, jako za 1). [8]



Typická polymerová geomřížka: dvouosá, vyrobená z PVA

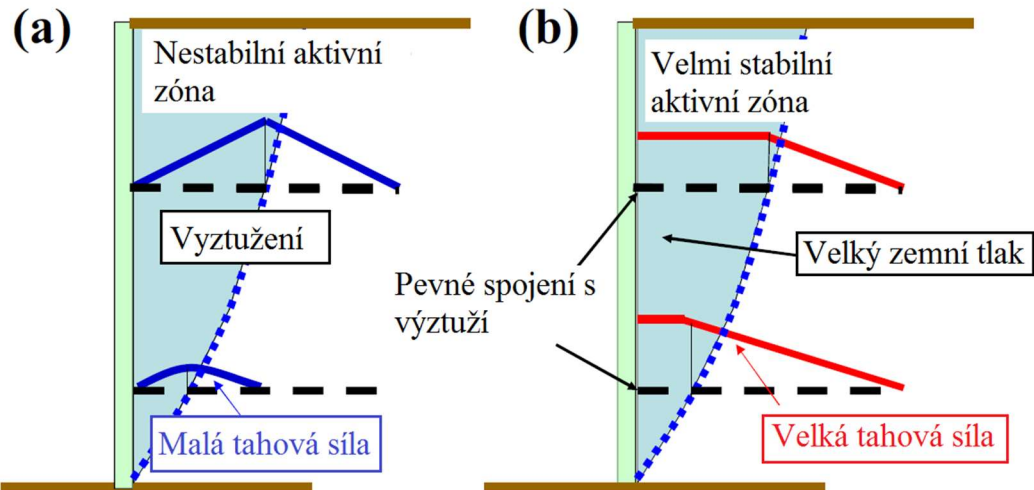
(b)



Obrázek 27 – GRS–RW with FHR facing: (a) postup výstavby; (b) typická geomřížka; (c) detail tuhého spojení výztuže a betonu FHR facing. [8]

4.3 Výhody konstrukčního řešení GRS integral bridge

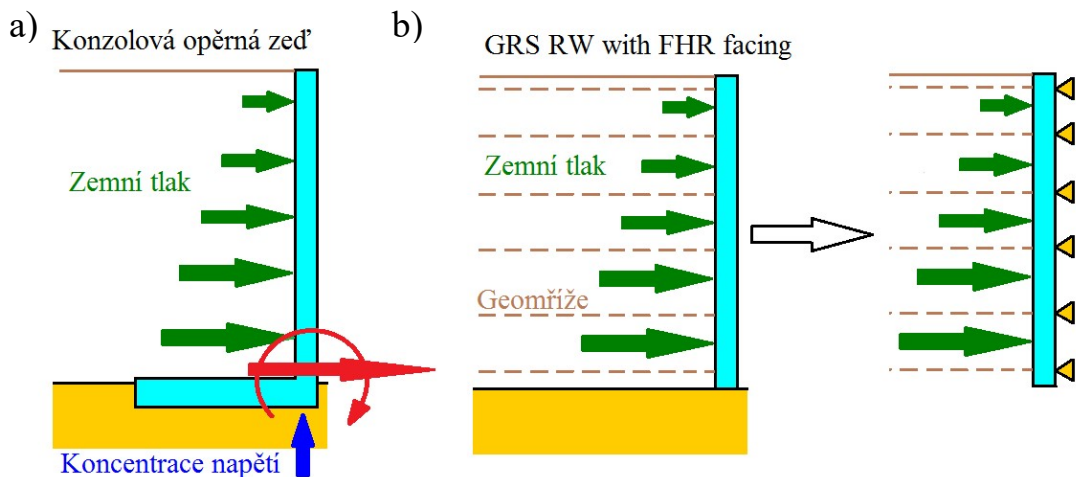
- 1) Konstrukční řešení napevno spojené výztuže zeminy zásypu a *FHR facing* zvyšuje statickou a dynamickou stabilitu opěry. Důvodem je dostatečně velký zemní tlak na opěru, který generuje dostatečně velké tahové síly i v dolních výztužích zásypu. Právě tyto tahové síly spolu s tuhým obkladem vytvoří dostatečně tuhou konstrukci, která je odolná vůči globálním porušení a lokálním deformacím obkladu. [8]



Obrázek 28 – Velikost vyvolané tahové síly ve výztuži při: (a) žádném spojení; (b) velmi pevném spojení výztuže s *FHR facing*. [8]

- 2) Využití polymerových geomříží pro nesoudržnou zeminu, které zajišťují její dobré sevření, a tím vysokou míru spolupůsobení. Na druhou stranu využití kompozitní tkané a netkané geotextilie pro vodou nasycené soudržné zeminy, které zajistí odvodnění a tahového vyztužení zásypu. Druhá jmenovaná možnost tak umožní využití i méně kvalitní místní zeminy pro zásyp, což vede ke snížení nákladů na výstavbu a dopravu jiného materiálu. [2]
- 3) Použití plošného vyztužení zásypu geosyntetiky umožňuje zkrátit jejich výztužnou a kotvicí délku, která je nutná pro aktivaci tahových sil ve výztuži. [2]
- 4) Postup výstavby eliminuje poškození hotové opěry od rozdílného sedání obkladu a zásypu. Tato výhoda umožňuje výstavbu opěr i na relativně stlačitelném podloží bez nutnosti použití velkopřůměrových pilot pro založení. [8]
- 5) Možnost dokonalého zhutnění zásypu, díky přítomnosti lícnicích prvků, snižuje jeho dlouhodobé sedání. [8]

- 6) *FHR facing* opěry se staticky chová jako spojitý nosník, podporovaný každých cca 30 cm – vzdálenost vrstev vyztužené zeminy. Díky tomu na rozdíl od klasických opěrných zdí, které působí jako konzola vetknutá do základu, je *FHR facing* zatíženo menším vodorovným zemním tlakem, tedy i menším klopným momentem a menší podélnou silou u jejího základu (viz obrázek 29). Takto omezené zatížení umožňuje ekonomičtější návrh opěrné zdi a obvykle i jejího založení, kdy není potřeba zakládat na pilotách. [2]
- 7) Další přednost pravidelně umístěných výztuží, pevně spojených s obkladem opěry, je jejich schopnost roznést zatížení po celé výšce opěry. Důležité je to především u stavu koncentrovaného napětí, které působí přímo na rozhraní obkladu a zásypu opěry. U tohoto stavu je pro přenesení zatížení potřebná vysoká celistvost aktivní zóny, aby byla udržena lokální i globální stabilita opěry. [8]
- 8) Souvislá plocha obkladu bez spojů, mimo vertikálních pracovních spár po cca 10 m, omezuje odplavování zásypu prosáklou vodou. [8]



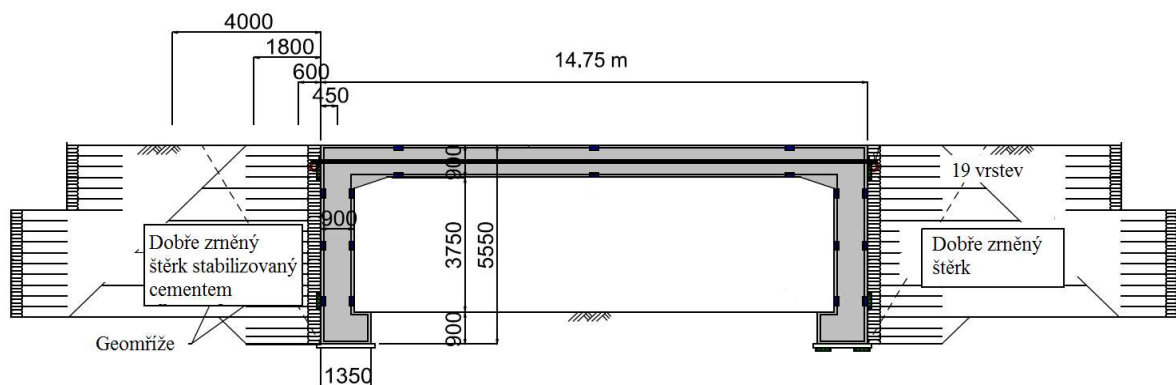
Obrázek 29 – a) tradiční konzolová opěrná zeď, b) *GRS-RW with FHR facing* a její statické působení jako spojitý nosník. [2]

4.4 Laboratorní model mostu

GRS integral bridge byl vynalezen na základě několika laboratorních měření pomocí tzv. *shaking table test*, který simuluje zatížení konstrukcí zemětřesením. Posléze, jako další stupeň, byl postaven reálný plnohodnotný model mostu, který byl následně tři roky laboratorně zatěžován. Během těchto tří let se podařilo nasimulovat zatížení modelující roční výkyvy teplot, zemětřesení a jejich účinky na konstrukci.

4.4.1 Konstrukční řešení

Modelový most byl navržen jako železniční jednokolejný most, s délkou hlavní nosné konstrukce 14,75 m a šířkou 3,0 m, uložený na opěrách výšky 5,55 m z vyztužené zeminy s *FHR facing*. Návrh jednotlivých opěr se od sebe lišil použitým materiálem zásypu. Pravá opěra je ze ztuhlé směsi dobře zrněného štěrku a cementu v poměru 25:1, která měla po 28 dnech pevnost minimálně 2 MPa. Tato konstrukce opěry se používá především pro vysokorychlostní železnice, protože vykazuje větší stabilitu a omezení boulení zásypu na hranici s opěrou. Levá opěra je tvořena hutněným, dobře zrněným štěrkem. Obě opěry byly vyztuženy devatenácti řadami PVA geomříží po 30 cm, které byly pevně spojeny s betonovým obkladem opěry. Jednotlivé vrstvy zásypu byly hutněny na 95% Proctor modifikovaný. Bezprostředně za betonovým *FHR facing* byly umístěny lícni prvky, které pohlcují cyklické posuny způsobené roční změnou teploty. [8]



Obrázek 30 – Schéma laboratorního modelu mostu. [8]



Obrázek 31 – Pohled na laboratorní model mostu. [8]

4.4.2 Modelování zatížení

Vytvořený model mostu byl zatěžován vodorovným cyklickým zatížením a svislým zatížením. Vodorovné zatížení na nosnou konstrukci bylo iniciováno pomocí osmi hydraulických zvedáků, umístěných po čtyřech na obou stranách mostu. Každý zvedák disponoval maximální silou 1000 kN. Obě skupiny čtyř zvedáků byly ukotveny do své ocelové konstrukce, sloužící jako opěrný bod. Zatížení působilo na nosnou konstrukci pomocí čtyř ocelových tyčí opatřených PVC trubkou, která je součástí betonové nosné konstrukce. Tyče byly na obou koncích nosné konstrukce opatřeny ocelovou deskou, která umožňovala dokonalé přenesení zatížení ze zvedáků do nosné konstrukce.

Vodorovné cyklické zatěžování konstrukce simulovalo zatížení teplotou a zemětřesením:

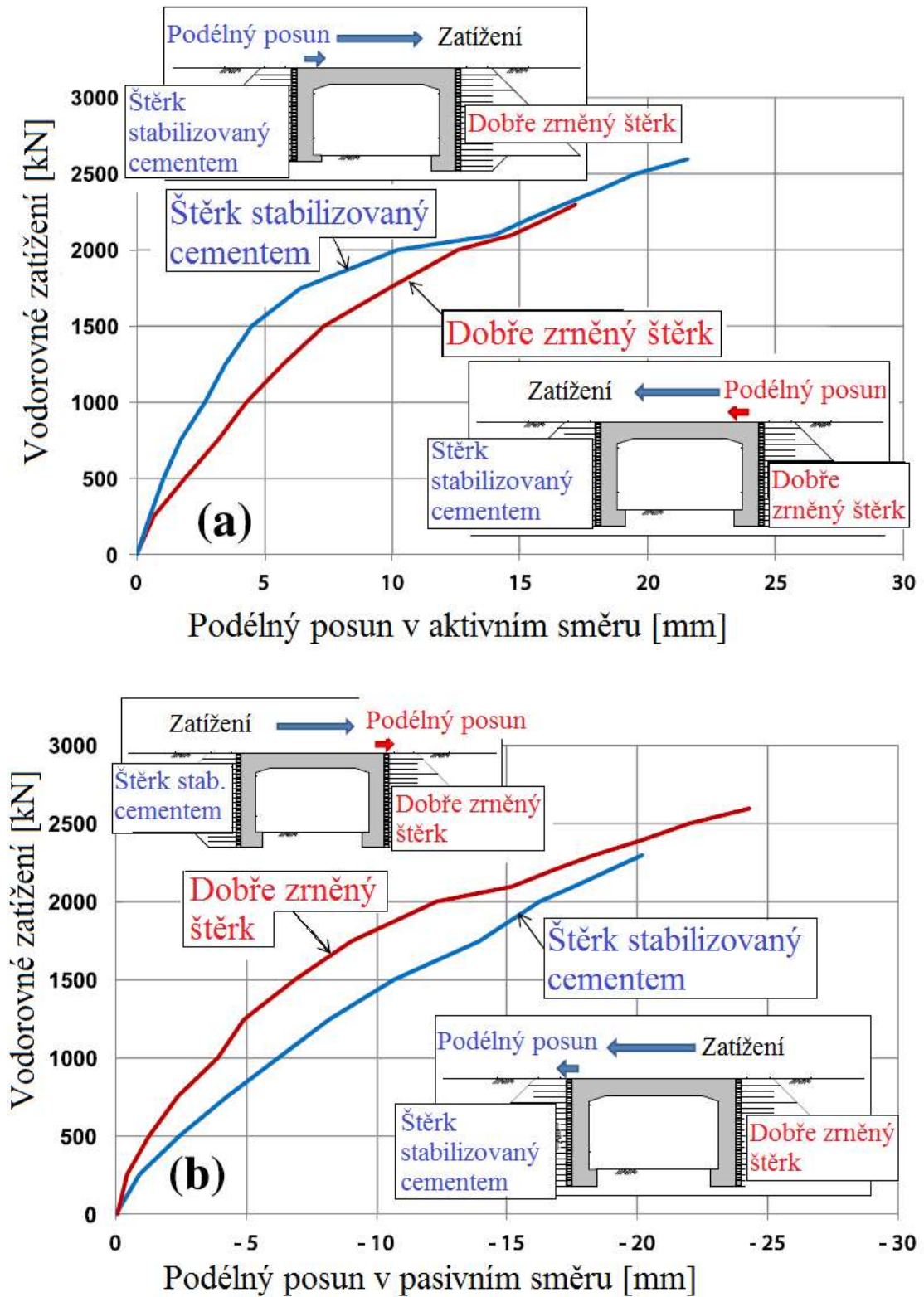
- 1) Zatížení teplotou bylo modelováno padesáti cykly – 50 let životnosti mostu, s maximální zatěžovací silou 500 kN, která odpovídá zatížení od ročního teplotního rozdílu 20°C pro 15 m dlouhou nosnou konstrukci. Následně byla zatěžovací síla zvětšena na hodnotu 1000 kN, která odpovídá ročnímu teplotnímu rozdílu 40°C. Zatížení bylo aplikováno na nosnou konstrukci opět padesáti cykly. Zatěžovací síla působila ve směru zkrácení i prodloužení konstrukce, představující její ochlazení a oteplení během jednoho roku. Teplotní výkyv během dne nebyl uvažován, neboť bylo potvrzeno, že tato teplotní změna je zanedbatelná.
- 2) Zatížení zemětřesením bylo modelováno podélným zatížením s maximální hodnotou 2600 kN, působící proti opěře tvořené šterkem a maximální hodnotou 2300 kN, působící proti opěře ze šterku stabilizovaného cementem. Vzhledem k tomu, že stabilita mostu proti zemětřesení není hlavním návrhovým požadavkem v České republice, nebude se tato práce zatížením zemětřesením hlouběji zabývat.

Z výsledků měření se ukázalo, že pokud je hodnota zatěžující síly menší než 1000 kN, posuny obkladu jsou z velké části vratné a poruchy opěry nedosahují významnosti. Vzhledem k tomu, že maximální zatížení teplotou odpovídá právě 1000 kN, není konstrukce mostu nijak touto teplotní změnou významně poškozována i při dlouhodobé životnosti.

Při zvětšování zatěžovací síly nad hodnotu 1000 kN, se vliv deformace začíná projevovat i na konstrukci mostu a její charakter se mění z vratné na částečně trvalou. Při dosažení maximálního zatížení hodnoty 2200 kN, se trvalé deformace stávají obzvláště nezanedbatelnými. Důvodem je dosažení meze kluzu materiálu výztužných geomříží, které v oblasti ihned za obkladem přenáší největší tahovou sílu, která způsobí jejich značné trvalé protažení. Navzdory velkému zatížení dosahující hodnoty 2200 kN, bylo v horní části obkladu dosaženo maximální deformace cca 20 mm v aktivním i pasivním směru.

Obrázek 32 ukazuje závislost zatížení na podélné deformaci horní části obkladu v aktivním a pasivním směru. Z obrázku 32a je patrné, že posun v aktivním směru horní části obkladu je menší pro opěru tvořenou štěrkem stabilizovaným cementem. A zároveň dle obrázku 32b je posun v pasivním směru horní části obkladu menší pro opěru z čistého štěrku. Tato závislost ukazuje, že vodorovný posun hlavní nosné konstrukce byl znatelně menší, pokud zatížení tlakem působilo směrem na opěru z čistého štěrku, než pokud působilo směrem k opěře, tvořené štěrkem stabilizovaného cementem. Důvodem tohoto chování je větší tahová tuhost geomříží, které jsou umístěny v tělese opěry tvořené štěrkem stabilizovaným cementem. Ta oproti opěře z čistého dobře zrněného štěrku disponuje větší tuhostí.

Svislé zatížení mostu bylo simulováno statickým liniovým zatížením 35 kN/m po celé délce nosné konstrukce, které představovalo zatížení vlakem. Výsledný průhyb uprostřed nosné konstrukce dosáhl hodnoty 1,4 mm, což zdaleka nedosahuje limitní hodnoty 19 mm pro bezpečný provoz železniční dopravy, ani limitní hodnoty 6 mm pro nerušenou jízdu vlaku (obě limitní hodnoty jsou stanoveny pro vysokorychlostní vlaky s maximální rychlostí 260 km/h). [8]



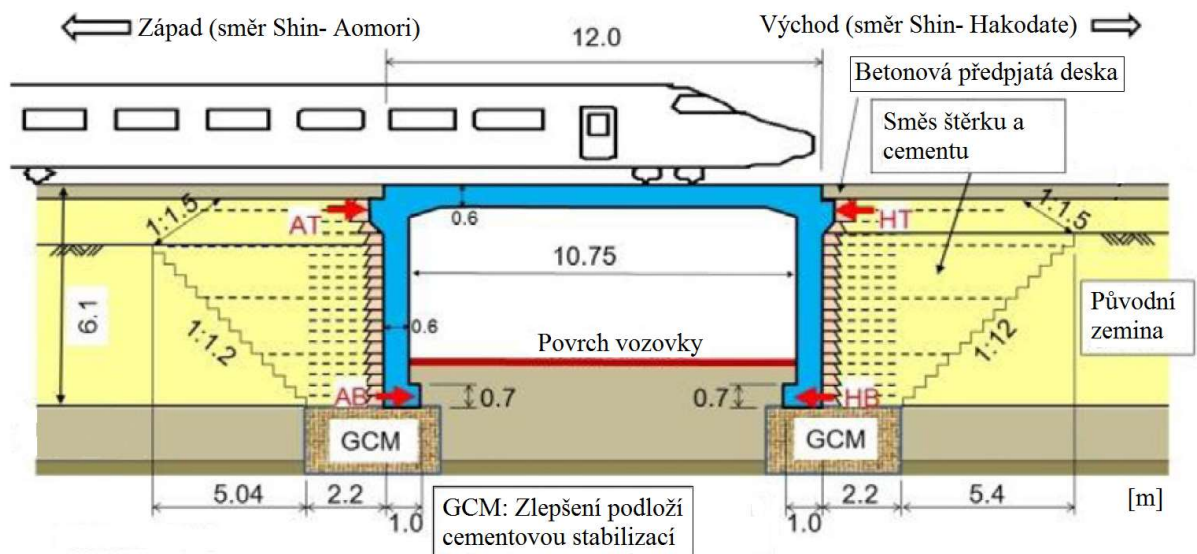
Obrázek 32 – Podélné posuny od vodorovného zatížení a) v aktivním, b) v pasivním směru. [8]

4.5 První postavený GRS integral bridge

Zcela první *GRS integral bridge* byl postaven roku 2011 pro Hokkaido Shinkansen u Kikonai, jako železniční nadjezd přes pozemní komunikaci. Cílem tohoto projektu bylo realizovat most v co nejkratším čase a snížit náklady na výstavbu na minimum. Oba požadavky se podařilo úspěšně splnit. Celkové konečné náklady dosáhly poloviční výše, než u ekvivalentní běžné mostní konstrukce s nevyztuženým zásypem opěry.

První realizovaný *GRS integral bridge* sloužil mimo své hlavní úlohy i jako objekt výzkumu. Na most byla umístěna čidla měřící posuny, zemní tlak, okolní teplotu, napětí v ocelové výztuži obkladu a geomřížích po celou dobu výstavby a během následného provozování mostu. Na obrázku 35 je ukázána závislost posunu horního a dolního konce obkladu na změně teploty v období od počátku výstavby do dubna roku 2015. Z grafu je patrná roční amplituda posunu horní části obkladu, která dosáhla hodnoty cca 3 mm, což je ve srovnání s výškou obkladu 6 m cca 0,05%. Tato deformace obkladu je způsobena teplotní expanzí hlavní nosné konstrukce, jejíž celkové protažení dosáhlo hodnoty cca 6 mm, což při její délce 12 m odpovídá 0,05%. K této teplotní roztažnosti hlavní nosné konstrukce a zatlačování horní části obkladu do přilehlé zeminy dochází právě v letních měsících, což má za následek snížení tahového namáhání výztužných geomříží zásypu. Naopak v zimních měsících dochází k ochlazení a tím i k smršťování nosné konstrukce, která svým zkrácením způsobí zvětšení tahového namáhání geomříží. Tato změna napětí ve výztuži je zanedbatelná v dolní části obkladu a ukazuje na vysokou míru spolupůsobení obkladu, zásypu opěry a nosné konstrukce.

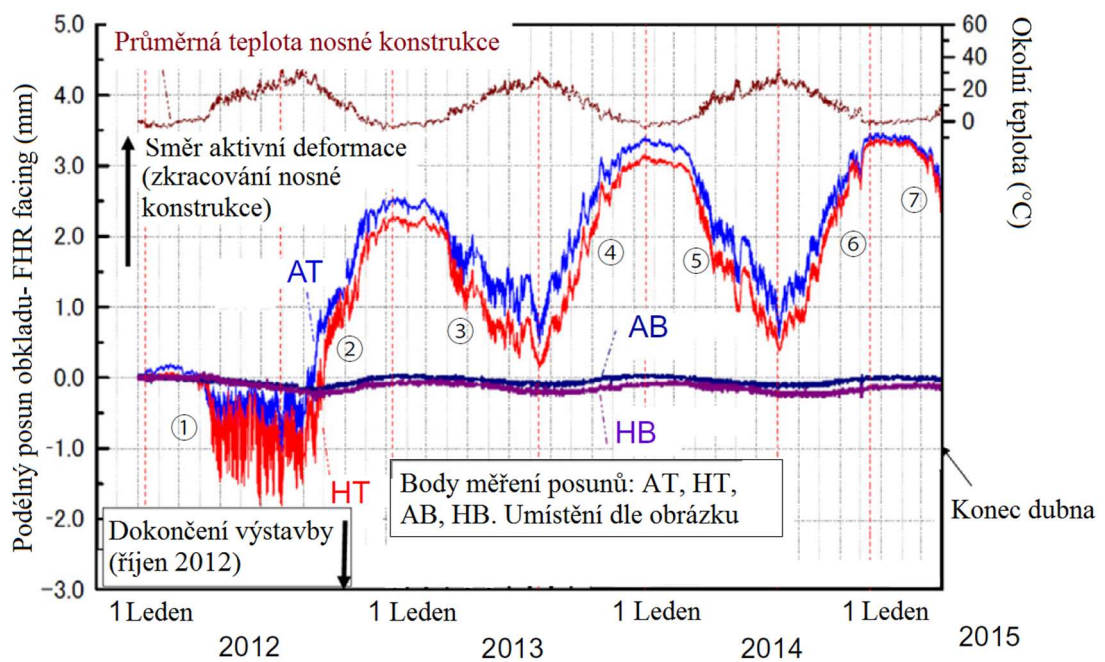
Malý rozdíl amplitud deformace je patrný v zimních obdobích roku 2013 a 2014. Vyšší aktivní deformace v zimním období roku 2014 je způsobena smršťováním betonu hlavní nosné konstrukce, která částečně omezila návrat obkladu do původní polohy. Naopak téměř stejné hodnoty deformace byly dosaženy v zimních obdobích roku 2014 a 2015, což ukazuje na z velké části ukončené deformace zásypu a podloží. [8] [15]



Obrázek 33 – Schéma *GRS integral bridge* u Kikonai. [8]



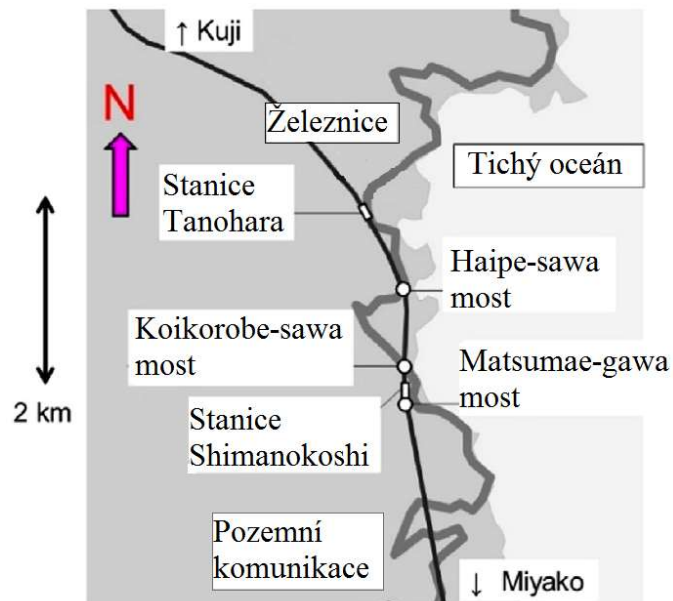
Obrázek 34 – Pohled na *GRS integral bridge* u Kikonai po dokončení. [8]



Obrázek 35 – Vývoj vodorovné deformace horního a dolního líce obkladu od začátku výstavby do dubna roku 2015. Deformace jsou měřeny v bodech AT, HT, AB, HB – umístění viz obrázek 33. [8]

4.5.1 *GRS integral bridge pro železniční tratě v Japonsku*

Nová konstrukce integrovaného mostu se osvědčila jak v laboratorních měřeních, tak i ve skutečnosti, díky výstavbě výše zmíněného prvního *GRS integral* mostu u Kikonai. Technologie se, vzhledem ke svým výhodám, dostala mezi běžně používané mostní konstrukce v Japonsku. Příkladem lze uvést tři nové mosty postavené na železniční trati Kuji- Miyako, která vede podél pobřeží, nahrazující původní tradiční mostní konstrukce, které byly smetené vlnou tsunami při Great Japan Earthquake v roce 2011. Důvodem, proč se zvolil pro návrh právě *GRS integral bridge* je jeho vysoká stabilita proti zemětřesení, dlouhá životnost, velká únosnost a především rychlá výstavba, která byla v tomto případě obnovy železniční trati důležitá. [8]



Obrázek 36 – Umístění integrovaných železničních mostů na úseku Kuji- Miyako. [8]



Obrázek 37 – Haipe-sawa most. [8]

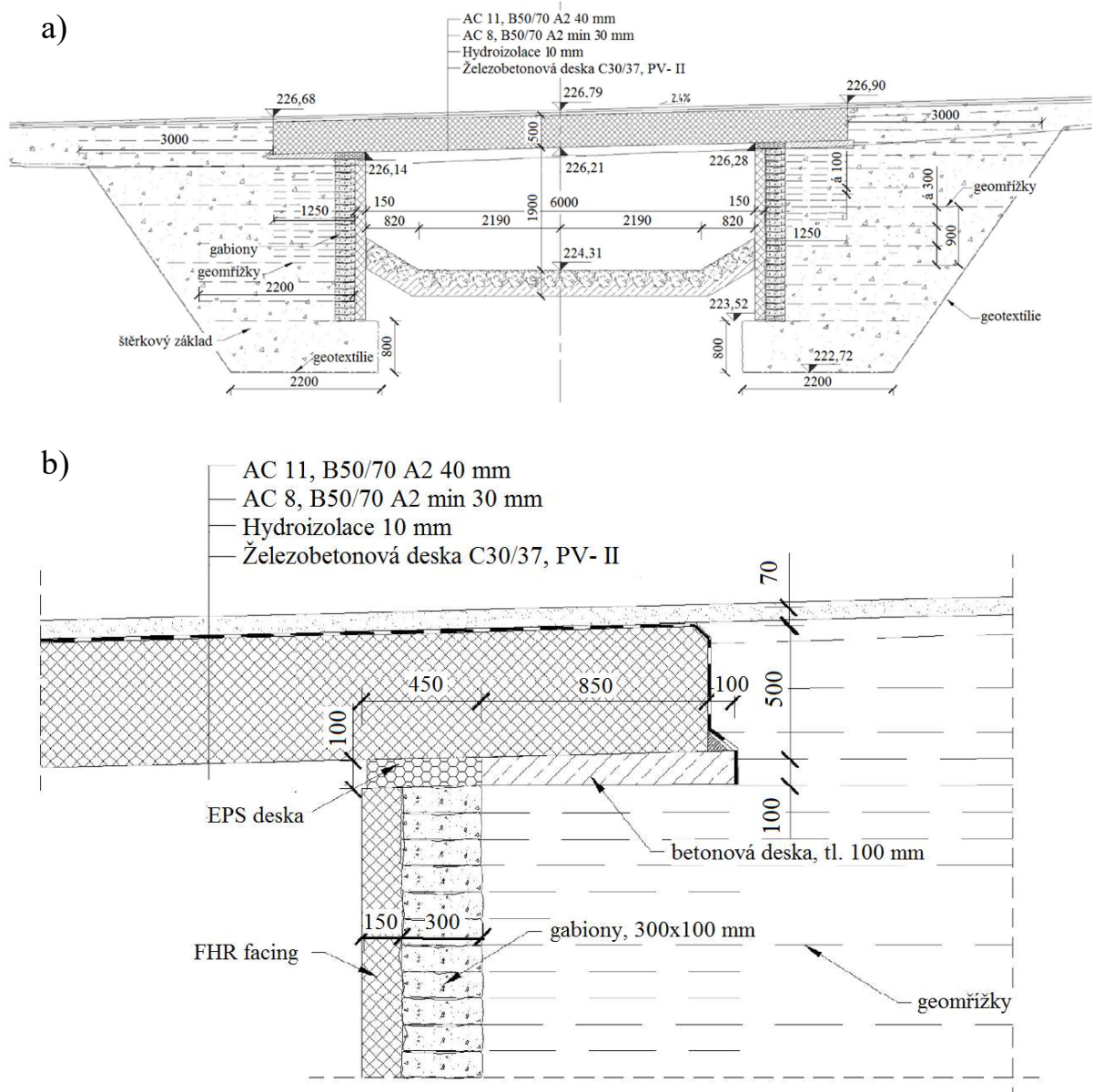


Obrázek 38 – Koikorobe-sawa most. [8]

4.6 První GRS integrovaný most s FHR facing v Evropě

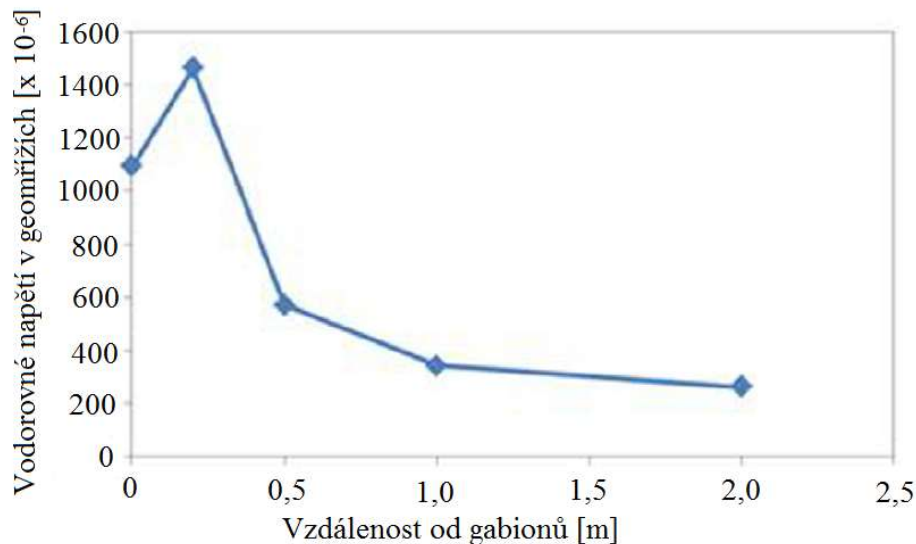
První most v Evropě využívající technologii *GRS integral bridge with FHR facing* byl postaven roku 2014 ve Slovinsku u obce Žerovinci. Nově navrhovaný most měl nahradit stávající most překračující potok Pavlovski, který nevyhovoval průtokovou kapacitou a byl neustále zaplavován. Stávající most byl proto odstraněn a nahrazen novým, využívajícím železobetonovou nosnou konstrukci podepřenou *GRS* opěrami. Důvody, proč projektanti sáhli po dosud v Evropě nevyzkoušené technologii, byly dva: 1) rychlé znovuootevření komunikace pro dopravu – investorem požadované dva měsíce pro návrh i realizaci a 2) tlustá vrstva měkké podkladní zeminy. Právě masivní vrstva měkkého podkladu, dosahující místy až 24 m, si vyžádala návrh *GRS integral bridge*, který není potřeba zakládat na pilotách na rozdíl od tradičních mostů. Nový návrh přinesl i dvě výhody: 1) nižší náklady na výstavbu a 2) eliminaci tvorby „boulí“, které vznikají rozdílným sedáním tradiční betonové opěry založené na pilotách a přilehlým zásypem opěry.

Vzhledem k výše zmíněným nedostatkům, ze zkušeností s návrhem a realizací *GRS integral bridge*, bylo přistoupeno k návrhu kombinující technologii *GRS integral bridge with FHR facing* (Japonsko, Tatsuoka a kol.) a technologii *FHWA* (USA, Adams a kol.). Výsledkem byla konstrukce s *GRS* opěrami s *FHR facing*, na níž se umístila betonová nosná konstrukce. Ta není konstrukčně spojena s obkladem jako je to u *GRS integral bridge*, ale je prostě uložena na betonové desce tloušťky 100 mm. Délka uložení odpovídá šířce nosné konstrukce a hloubka je 850 mm. Jak je patrné z detailu uložení (viz obrázek 39b), podkladní betonová deska nezasahuje až na líc opěry, ale je částečně nahrazena polystyrenovou (EPS) deskou, vyplňující vzniklou mezeru. Tato konstrukční mezera je nutná, aby nedocházelo k zatěžování obkladu při svislé deformaci zemní opěry. Toto konstrukční oddělení sice nevyužívá výhody plné integrace, kdy je redukován ohybový moment uprostřed rozpětí mostu, ale pro krátké rozpětí Žerovnického mostu je stavebně jednodušší.



Obrázek 39 – a) Schéma Žerovínckého mostu; b) detail uložení nosné konstrukce na *FHR facing*. [16]

Samotná výstavba mostu trvala zhruba několik týdnů, výstavba opěr před betonáží *FHR facing* méně než 10 dní. Most je založen na hutněném šterku obaleném geotextilií. Hloubka základu činí 1500 mm, aby nedocházelo vlivem proudění toku k vymílání podkladní zeminy pod základem. Následovala výstavba opěr z vyztužené zeminy a betonáž *FHR facing*. Malou odlišností je přidání dalších výztužných vrstev geomříží v odstupech 100 mm v oblasti pod uložení hlavní nosné konstrukce na opěru. Výztuž zásypu opěry byla předpínána hutněním jednotlivých ukládaných vrstev zeminy. Velikost předpětí a jeho průběh po délce výztuže je patrný z obrázku 40. Nakonec byla vybetonována do bednění hlavní nosná konstrukce mostu. Postup výstavby je ilustrován obrázkem 42.



Obrázek 40 – Naměřený průběh napětí ve výztužných geomřížích v závislosti na vzdálenosti od ukotvení v *FHR facing*. [16]

První GRS integrovaný most s *FHR facing* byl dokončen včas i přes nedostatek zkušeností. Ukázalo se, že splnil předpoklady rychlé výstavby a menších nákladů na realizaci, především díky omezení betonářských prací na staveništi, jak je vidět z obrázku 41. V celkovém objemu bylo potřeba zhruba o 120 m³ méně betonu v porovnání s tradičním mostem. Hlavní navýšení objemu betonu u tradičního mostu je především díky nutnému založení na pilotách, které by v konkrétním případě tohoto mostu měly délku okolo 24 m. I přes nevhodné podmínky pro zakládání bylo výsledné sednutí mostu po dokončení výstavby 15 mm, což odpovídá 1/3 předpokládané hodnoty sednutí.

Ukázalo se, že kombinace dvou přístupů k návrhu integrovaného mostu se osvědčila, hlavně pro mosty krátkého rozpětí, jako je tento most přes potok Pavlovski. Při výstavbě mostu byly na několika místech instalovány tenzometry pro měření změny napětí ve výztuži při výstavbě. Měření bude pokračovat i nadále a jeho vyhodnocení poslouží jako zkušenost k dalším návrhům těchto typů mostu v Evropě. [16]

Porovnání objemu betonu potřebného na výstavbu mostu v Žerovinci pro případ tradiční betonové konstrukce a GRS integrované konstrukce:

Prvek	Potřebné množství betonu [m ³]		Rozdíl	
	Tradiční konstrukce	GRS integrovaná konstrukce	[m ³]	[%]
Piloty (D = 1000 mm, L = 24 m)	75	-	75	-100
Základový blok pilot (1200x1200 mm)	23	-	23	-100
Opěry	21	9	12	-57.1
Mostní křídla	7	5	2	-28.5
Roznášecí deska	12	-	12	-100
Nosná konstrukce	35.5	42	-6.5	18.3
Celkem	173.5	56	117.5	-67.7

Obrázek 41 – Porovnání spotřeby betonu. [16]



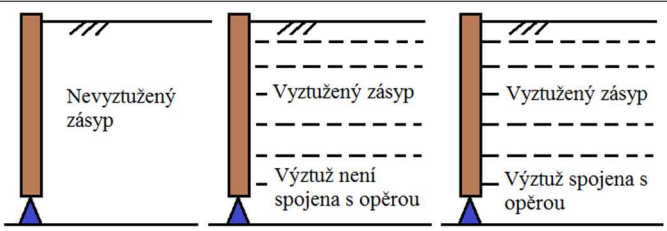
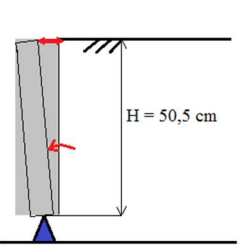
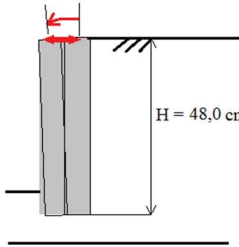
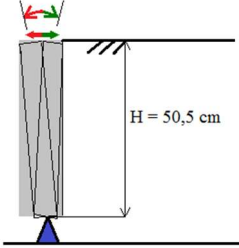
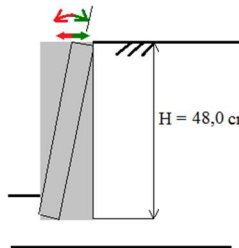
Obrázek 42 – Výstavba Žerovínckého mostu. [16]

5 LABORATORNÍ MODELOVÁNÍ MOSTŮ

Laboratorní modelování integrovaných mostů bylo provedeno za účelem získat základní představu o jejich chování při provozu. Vytvořené laboratorní modely byly podrobeny statickým a dynamickým zkouškám, které přinesly představu o stabilitě mostu, chování zásypové zeminy a mnoho dalších důležitých poznatků.

5.1 Statické zkoušky

Cílem statických zkoušek bylo nasimulovat chování zeminy za opěrou, která je vystavena cyklické deformaci, způsobené smršťováním a roztahováním nosné konstrukce integrovaného mostu. Statické zkoušky byly provedeny na třech modelech opěry. U všech tří typů, které se odlišovaly v návrhu vyztužení zásypu opěry, byl zásyp opěry vymodelován vysušeným pískem Toyoura ($I_d = 0,9$). První model představoval opěru s nevyztuženou zásypovou zeminou (1). Druhý a třetí model potom představovaly opěry s vyztuženou zeminou (2), kde navíc u třetího modelu byla výztuž pevně spojena s opěrou (3). Takto vymodelované opěry byly navíc podepřeny dvěma způsoby. Prvním způsobem bylo kloubové podepření, u kterého byla výška opěry $H = 50,5$ cm. Druhým způsobem bylo podepření prosté, kde výška opěry H byla 48,0 cm (viz obrázek 43). Celkem tedy bylo zkouškám podrobeno šest modelů opěr.

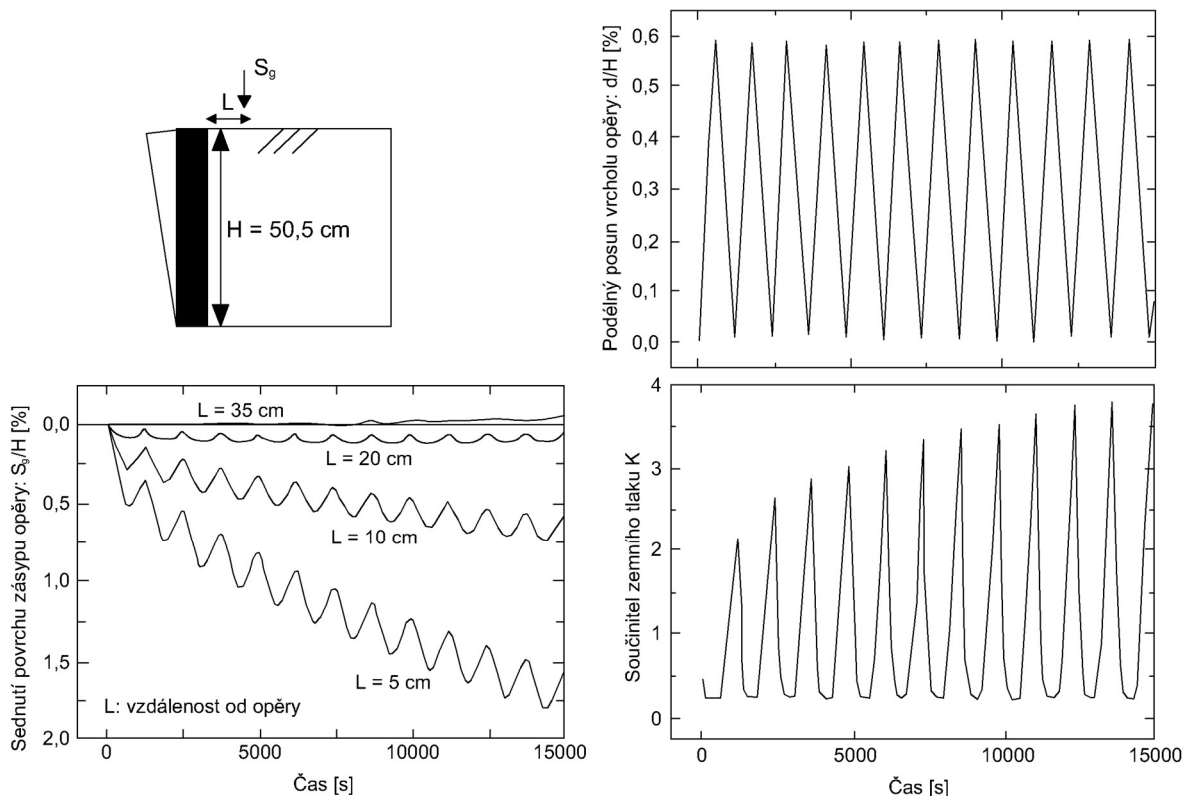
Typ zásypového tělesa			
Charakter deformace opěry	Aktivní	Kloubové podepření	Volná pata opěry, uložena v hloubce 3 cm
			
	Aktivní & pasivní		

Obrázek 43 – Modely opěr pro statické zkoušky: typ zásypového tělesa, způsob uchycení a mód vodorovné deformace opěry. [2]

Cyklická deformace opěr, od teplotní dilatace hlavní nosné konstrukce, byla simulována pomocí vnější síly, působící 11,5 cm pod vrcholem opěry. Vodorovná deformace opěry d byla provedena ve dvou zatěžovacích módech. Prvním módem byla deformace v aktivním směru (A), kdy byla opěra odtahována od zásypu a následně vrácena do výchozí pozice. Druhým módem byla deformace v aktivním a pasivním směru (A&P), u které byla opěra oddálena od zásypu a následně proti němu zatlačena. Velikost vodorovné deformace opěry z výchozí pozice směrem od a proti zásypu byla stejná. V obou módech zatížení opěry byla deformační rychlost 0,004 mm/s. [2]

5.1.1 Výsledky statických zkoušek

Na obrázku 44 jsou znázorněny typické výsledky laboratorní zkoušky prvního modelu opěry (1) s kloubovým podepřením. Model byl cyklicky zatěžován posunem v aktivním směru velikosti 3 mm ($d/H = 0,6 \%$). Z grafů je patrné, že při cyklickém posunu horní části opěry dochází ke značnému sedání zásypu S_g , obzvláště v oblasti blízko za opěrou. Celkové sednutí 5 cm za opěrou dosáhlo při pátém cyklu hodnoty rovné 1% výšky opěry, což zhruba odpovídá 5 mm. Zároveň je patrný nárůst součinitele zemního tlaku K , tedy i samotného zemního tlaku působícího na opěru, s rostoucím počtem zatěžovacích cyklů. Při pátém cyklu byla hodnota $K > 3$. Takovýto nárůst zatížení opěry zemním tlakem způsobuje postupné vtačování opěr mostu do volného prostoru pod ní. Tento trend se v průběhu životnosti konstrukce může projevit poškozením opěr mostu, ale i vyboulením povrchu vozovky na rozhraní opěry a zemního tělesa (viz obrázek 45).

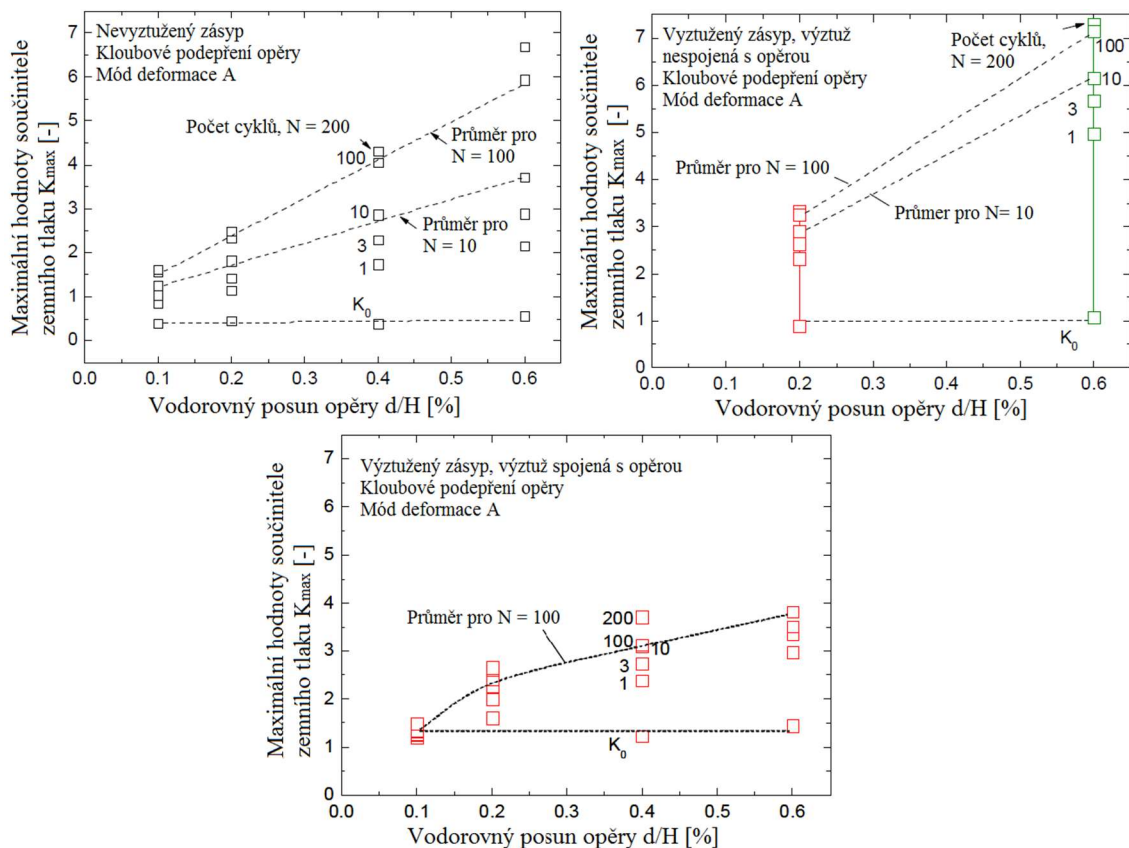


Obrázek 44 – Výsledky statické zkoušky modelu opěry s nevyztuženým zásypem a kloubově podepřenou patou opěry. [2]



Obrázek 45 – Boule na vozovce integrovaného mostu v místě rozhraní opěry a násypu. Vozovka byla v době porušení 16 let stará (Toronto, Kanada, 1986). [6]

Při porovnání vývoje součinitele zemního tlaku K , v závislosti na poměru velikostí vodorovného posunu a výšky opěry (d/H), je zjevná důležitost vyztužení zeminy za opěrou. Nejmenší hodnota K , a tedy i nejmenší zemní tlak působící na opěru byl naměřen u modelu s vyztuženou zeminou, jejíž výztuž je pevně spojena s opěrou (3). Na druhou stranu nárůst hodnoty K , spolu se zvětšující se cyklickou deformací opěry, je téměř totožný pro případ nevyztuženého zásypu (1) a vyztuženého zásypu s výztuží nespojenou s opěrou (2). Toto chování modelů (1) a (2) je důsledkem aktivního porušení zásypu, které je spojené s jeho sedáním ihned za opěrou. Velký nárůst hodnoty součinitele K s poměrem d/H , přímo souvisí se zvyšujícím se zemním tlakem působícím na opěru. Ten může vyústit u modelů (1) a (2) ve vytlačení opěr do prostoru pod mostem. Na druhou stranu u modelu tři je tomuto vytlačení opěr bráněno spojením výztuže s opěrou.

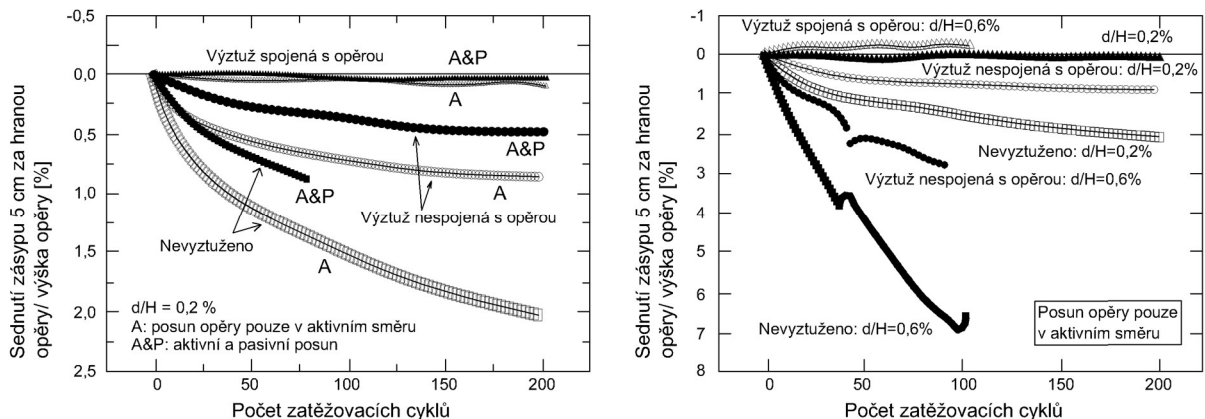


Obrázek 46 – Nárůst maximálních hodnot součinitele zemního tlaku K_{max} v závislosti na velikosti vodorovné deformaci d , počtu cyklů N a návrhu vyztužení zásypu. [2]

Z laboratorního měření byla určena i závislost sedání S_g , měřeného 5 cm za opěrou, na počtu cyklických deformací. Obrázek 47a porovnává velikosti sednutí pro mód zatěžování A a A&P a pro odlišné návrhy vyztužení zásypu opěry. Obrázek 47b srovnává velikosti sednutí zásypu opěr u jednotlivých typů jeho vyztužení a různých hodnotách vodorovných deformací d opěry.

Při porovnání obou grafů na obrázku 47 se dají vyslovit následná prohlášení:

- 1) Velikost sednutí zásypu se zvětšuje spolu s poměrem d/H .
- 2) Sednutí zásypu pro stejnou hodnotu poměru d/H je větší v případě, kdy je opěra zatěžována módem A, než když je zatěžována módem A&P. Důvodem je jednodušší vytvoření aktivního klínu zeminy při deformačním módu A.
- 3) Sednutí povrchu zásypu je největší v případě nevyztuženého zásypu opěry, zatímco u vyztuženého zásypu s výztuží pevně spojenou s opěrou je téměř nulové. Důvodem je právě pevné spojení výztuže zásypu s opěrou, které udržuje zásyp pod značným tlakem a zabraňuje tak jeho deformaci. Samotná výztuž zásypu svým plošným působením potom brání vzniku aktivního klínu zeminy.
- 4) Samotná výztuž zásypu, která není spojená s opěrou, není schopna omezit jeho sednutí.



Obrázek 47 – Průběh sedání zásypu 5 cm za opěrou v závislosti na počtu zatěžovacích cyklů, velikosti a módu deformace a na návrhu vyztužení zásypu opěry. [2]

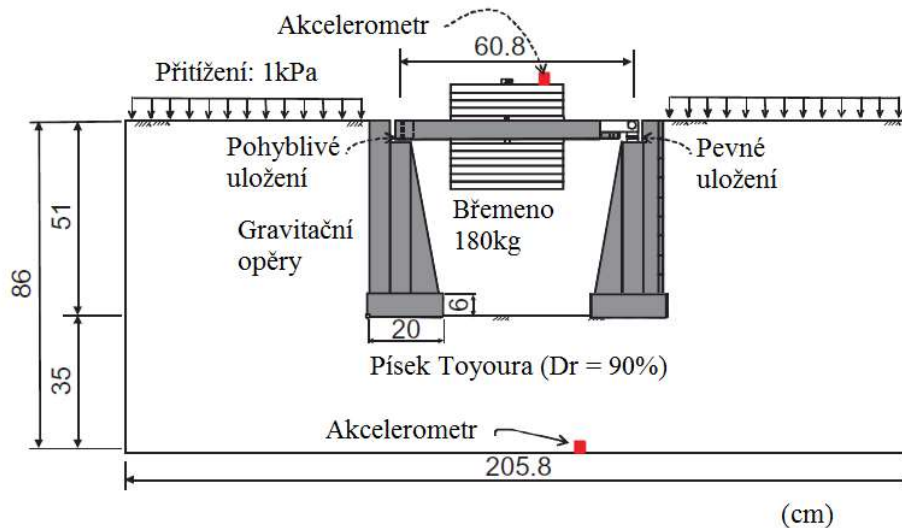
Výše popsané výsledky statické zkoušky jednoznačně ukazují, jak stabilní jsou jednotlivé modely oproti teplotní cyklické deformaci. Největší stability bylo dosaženo u modelu s vyztuženým zásypem, který má výztuž pevně spojenou s opěrou. Na druhou stranu se ukázalo, že samotné vyztužení zásypu, které není spojené s opěrou, výrazně nepřidá na stabilitě a neomezí sednutí zásypu. [2]

5.2 Dynamické zkoušky

Dynamické zkoušky ověřovaly stabilitu proti dynamickému namáhání, především proti zemětřesení. Laboratorní modely tradičního mostu a integrovaných mostů typu *Integral bridge* a *GRS integral bridge*, byly podrobeny měření při dynamickém namáhání za použití vibračního stolu.

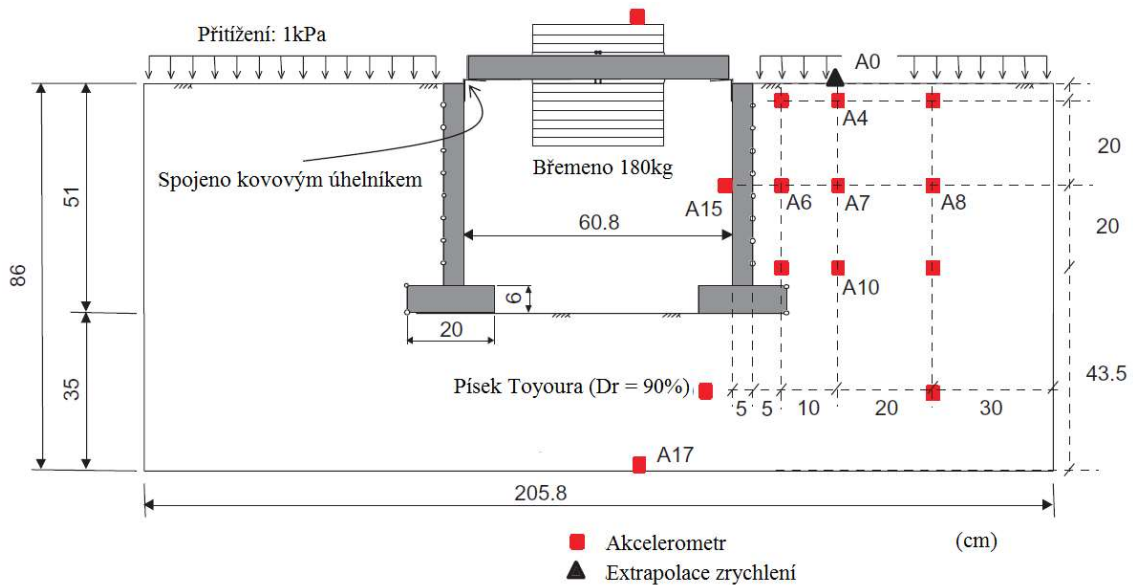
Reálnou předlohou pro tvorbu modelů byl jednopólový most s rozpětím 20 m a výškou opěr 5,1 m. Modely jednotlivých typů mostů v měřítku 1:10 byly umístěny do ocelového boxu o délce 205,8 cm, šířce 60,0 cm a výšce 140,0 cm, který byl pevně spojen s vibračním stolem. Jedna strana zkušební boxu byla z tvrzeného skla, aby bylo možné pozorovat posuny a deformace modelu během zkoušky. Opěry jednotlivých modelů mostů měly výšku 51,0 cm a šířku 20,0 cm a byly vyrobeny z duralu, který byl na straně přiléhající k zásypu a pod patou zdrsněn přilepením smirkového papíru. Protože nebylo možné vymodelovat v měřítku 1:10 délku nosné konstrukce 2,0 m, byla tato délka zkrácena na 60,8 cm a vlastní tíha nosné konstrukce byla nahrazena přidáním břemene o váze 180 kg. Dohromady tedy nosná konstrukce, nahrazena ocelovým prvkem spolu s přidaným břemenem, vážila 205 kg. Zásyp opěr všech modelů mostů byl vymodelován pomocí suchého písku Toyoura ($I_d = 0,9$). [17]

Tradiční most – model tradičního mostu nahrazoval skutečný jednopólový most s gravitačními opěrami, nosnou konstrukcí uloženou na ložiskách a zásypem opěr z nevyztužené zeminy. [17]



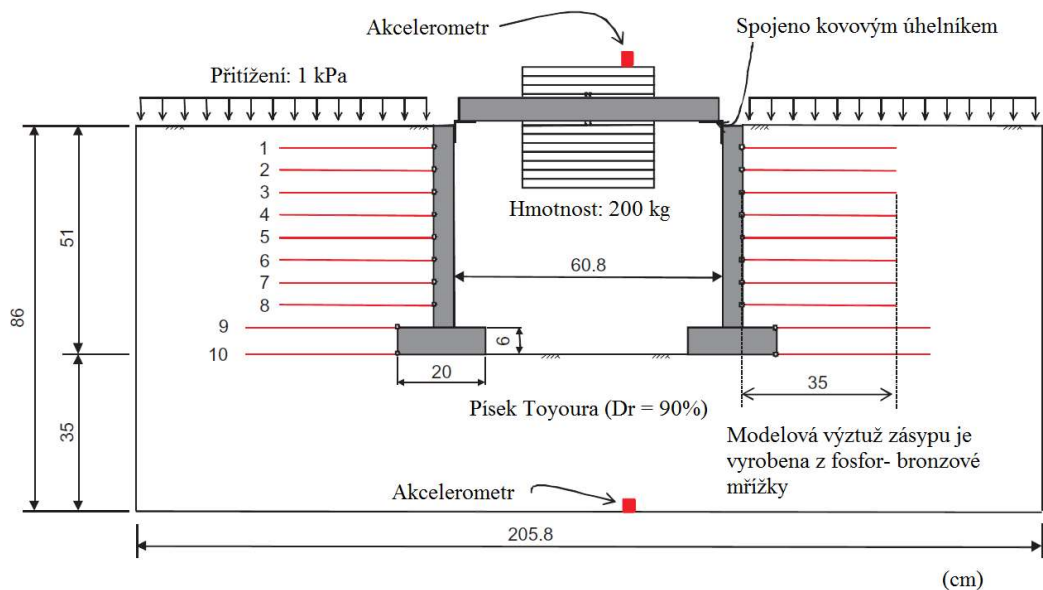
Obrázek 48 – Model tradičního mostu pro dynamické zkoušky. [17]

Model *Integral bridge* měl nosnou konstrukci pevně spojenou s opěrami pomocí ocelových úhelníků. Ačkoliv toto spojení nebylo dostatečně tuhé a nebylo navrhováno jako nejodolnější část celé mostní konstrukce proti dynamickému namáhání, stačilo to k tomu, aby byla určena dynamická stabilita tohoto mostu. Spojení tedy brání natočení opěry vůči nosné konstrukci s určitým faktorem odporu, tak aby byl zachován charakter spojení opěry a nosné konstrukce, jako nejslabšího místa *Integral bridge*. [17]



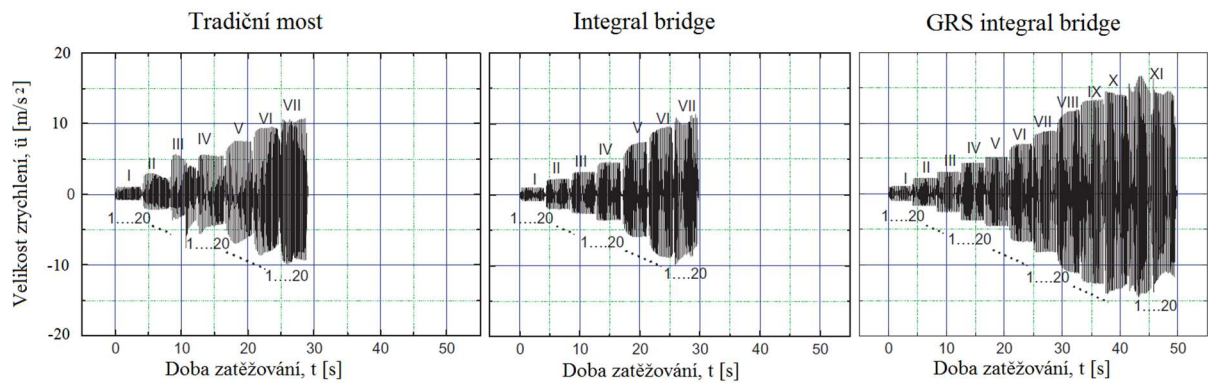
Obrázek 49 – Model *Integral bridge* pro dynamické zkoušky. [17]

Model *GRS integral bridge* využil stejného spojení opěry a nosné konstrukce jako *Integral bridge*. Zásypy opěr *GRS integral bridge* byly vyztuženy pomocí 10 výztužných vrstev, které byly pevně spojeny s opěrou. Z tohoto počtu vždy 8 vrstev bylo ve vzájemné vzdálenosti 5 cm a dvě vrstvy, přiléhající k základu opěry, byly od sebe vzdálené 6 cm. Spojení každé výztužné vrstvy a opěry bylo zajištěno pomocí šesti šroubů. [17]



Obrázek 50 – Model *GRS integral bridge* pro dynamické zkoušky. [17]

Každý z modelů byl zatěžován sinusovými vibracemi, jejichž zrychlení se s frekvencí $f_i = 5 \text{ Hz}$, odpovídající 20 cyklům vychýlení vibračního stolu, zvětšilo o hodnotu 1 m/s^2 . Zatížení vibracemi se zrychlením zvyšující svou hodnotu každých 5 s, bylo aplikováno na model až do doby, kdy byl dosažen stav porušení a následný kolaps modelu mostu. Výsledné maximální hodnoty zrychlení, které je každý z modelovaných mostů schopen přenést jsou ilustrovány na obrázku 51. [2]

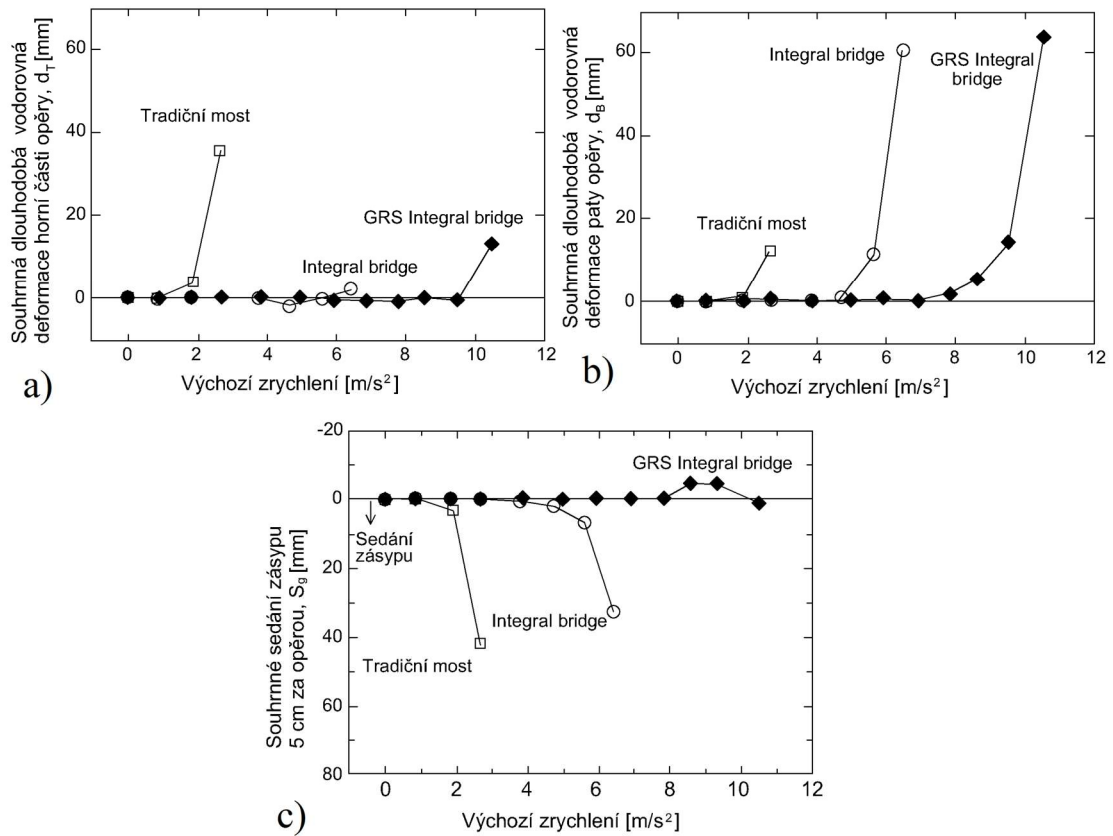


Obrázek 51 – Časový průběh zrychlení zatěžující model mostu až do okamžiku kolapsu. [17]

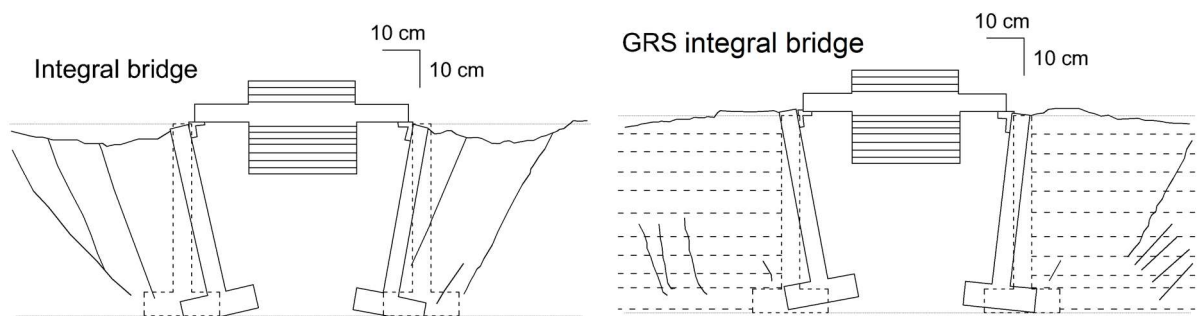
5.2.1 Výsledky dynamických zkoušek

Při vyhodnocení všech měření, provedených na laboratorních modelech tří výše zmíněných mostů, se jako nejstabilnější ukázal *GRS integral bridge*. Tento model dosáhl největší stability opěr proti jejich vodorovným posunům, na rozdíl od ostatních modelů (viz obrázek 52a, b). Zároveň se u tohoto modelu mostu dosáhlo nejmenší hodnoty sedání zeminy za opěrou (viz obrázek 52c). Právě vysoká dynamická stabilita *GRS integral bridge* je ovlivněna tuhostí spojení výztuže s opěrou. V případě potřeby je možné stabilitu *GRS integral bridge* ještě zvětšit pomocí cementové stabilizace zeminy za opěrou.

Při porovnávání módů porušení jednotlivých modelů mostů byla nalezena podobnost mezi porušením *Integral bridge* a *GRS integral bridge*. Pro oba tyto modely je základní mód porušení způsobený vytlačení opěr mostu směrem od zeminy do volného prostoru pod mostem, který je doprovázený natočením opěr vůči nosné konstrukci mostu (viz obrázek 53). U *Integral bridge*, který nemá vyztužené zásypové těleso opěry, se vlivem dynamického namáhání vytvoří poruchové roviny a zemina svou vahou vytlačuje dolní část opěry do prostoru pod mostem. Tento vývoj je navíc doprovázen značným sedáním zásypového tělesa opěry. Na druhou stranu u *GRS integral bridge* je tomuto trendu bráněno výztuží zeminy pevně spojené s opěrou, která neumožní vznik poruchových rovin, čímž se zabrání velkým posunům opěr a sedání zásypového tělesa.

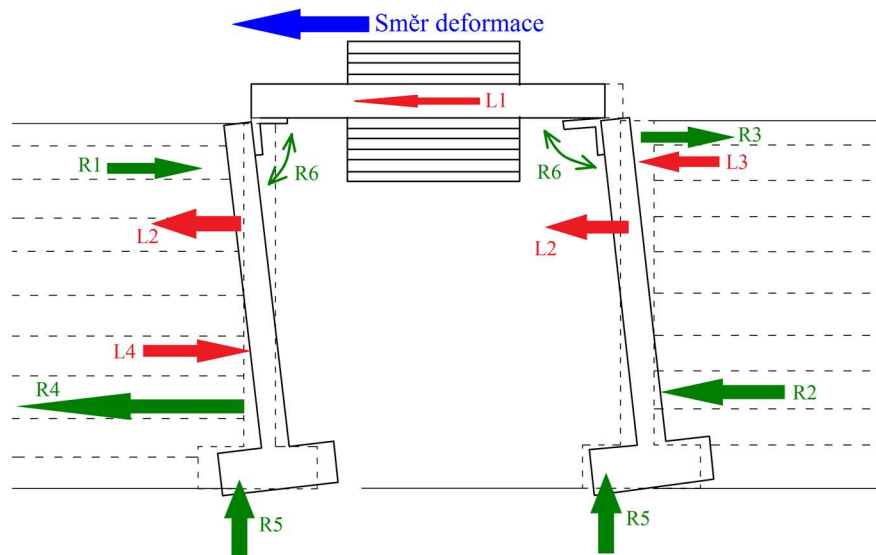


Obrázek 52 – Průběh sedání a vodorovných deformací opěry v závislosti na působícím zrychlení pro jednotlivé modely mostů. [2]



Obrázek 53 – Módy porušení integrovaných mostů. [2]

Výsledky dynamických zkoušek mostů ukázaly významný podíl výztuže zásypu pevně spojené s opěrou na celkové stabilitě mostu. Nejvyšší dynamické stability proto dosáhl *GRS integral bridge*, který tuto technologii využívá. Jeho konstrukční části, které podporují jeho dynamickou stabilitu, jsou spolu s vyvolaným zatížením dokumentovány obrázkem 54. [2]



L1: Setrvačnost hlavní nosné konstrukce

L2: Setrvačnost opěr

L3 a L4: Aktivní zemní tlak

R1 a R2: Pasivní zemní tlak

R3 a R4: Tahová síla ve výztuži zásypu

R5: Únosnost podloží

R6: Ohybová tuhost spoje hlavní nosné konstrukce s opěrami

Obrázek 54 – Zatěžující (L) a podporující (R) prvky *GRS integral bridge* při pootočení opěr vůči hlavní nosné konstrukci. [2]

6 PRINCIP NÁVRHU INTEGROVANÝCH MOSTŮ

Konstrukční řešení integrovaných mostů znemožňuje vzájemné natočení a posun nosné konstrukce vůči opěrám. Opěry mostu jsou proto při cyklickém teplotním roztahování hlavní nosné konstrukce zatlačovány do přilehlé zeminy. Míra zatlačení opěry do zásypu je dána tuhostí opěr a odporem přilehlé zeminy. Z tohoto důvodu je při návrhu integrovaných mostů nutné zohlednit i jejich spolupůsobení s přilehlou zeminou a zohlednit tak přídatné namáhání konstrukce mostu. [7]

6.1 Svislé napětí

Svislé napětí je způsobeno vlastní tíhou zeminy, případně přitížením povrchu. Jeho celková hodnota odpovídá tíze sloupce zeminy uvažované nad jednotkou plochy. Pro obecně nehomogenní prostředí a pro známý průběh funkce $\gamma(z)$ je hodnota svislého napětí σ_z dána vztahem:

$$\sigma_z(z) = f_{surf} + \int_0^z \gamma(z) dz \quad (6.1)$$

kde f_{surf} je přitížení povrchu, $\gamma(z)$ je známá funkce změny objemové tíhy zeminy dle hloubky z pod povrchem. [18]

6.2 Vodorovné napětí

Vodorovné napětí, neboli vodorovný zemní tlak, vzniká jako důsledek svislého napětí a významně ovlivňuje návrh integrovaných mostů. Hodnoty vodorovného napětí σ_x získáme ze vztahu:

$$\sigma_x(z) = \sigma_z(z) * K \quad (6.2)$$

kde $\sigma_z(z)$ je svislý zemní tlak v hloubce z a K je součinitel zemního tlaku.

Hodnota součinitele zemního tlaku K je ovlivněna úhlem vnitřního tření zeminy ϕ , třením mezi rubem konstrukce a zeminou δ , sklonem opěrné konstrukce, úklonem svahu nad opěrou a na charakteru pohybu opěry vůči zásypové zemině. V zásadě jsou rozlišovány tři hodnoty součinitele zemního tlaku a tedy i samotného zemního tlaku působícího na opěrnou konstrukci. [18]

6.2.1 Zemní tlak v klidu

Při nulovém přetvoření opěrné konstrukce, tj. nulové vodorovné deformaci a nulovém natočení, je tato konstrukce zatížena zemním tlakem v klidu. Velikost zemního tlaku v klidu σ_0 , který působí na konstrukci v hloubce z , je dán vztahem (6.2), kde K je součinitel zemního tlaku v klidu K_0 :

$$K_0 = \frac{\nu}{1-\nu}, \text{ nebo } K_0 = 1 - \sin \phi \quad (6.2.1)$$

kde ν je Poissonovo číslo a ϕ je úhel vnitřního tření zeminy. [19]

6.2.2 Aktivní zemní tlak

„Aktivní zemní tlak působí na opěrnou konstrukci v případě tak velkého posunu či pootočení konstrukce, že se v zemině vytvoří smyková plocha. Dochází k aktivizaci smykové pevnosti zeminy za opěrnou konstrukcí a ke snížení počátečního zatížení.“ Velikost aktivního zemního tlaku σ_a působícího na opěrnou konstrukci v hloubce z je dán vztahem (6.2), kde K je součinitel aktivního zemního tlaku K_a : [18]

$$K_a = \frac{\cos^2(\phi - \alpha)}{\cos^2(\alpha) * \cos(\alpha + \delta) * \left[1 - \sqrt{\frac{\sin(\phi + \delta) * \sin(\phi - \beta)}{\cos(\alpha + \delta) * \cos(\alpha - \beta)}}\right]^2} \quad (6.2.2 \text{ a})$$

Za předpokladu svislé konstrukce ($\alpha = 0$), vodorovného terénu za opěrou ($\beta = 0$) a zanedbání tření mezi rubem opěry a přilehlou zeminou ($\delta = 0$) je možné vztah (6.2.2 a) zjednodušit:

$$K_a = \tan^2\left(45^\circ - \frac{\phi}{2}\right) = \frac{1 - \sin \phi}{1 + \sin \phi} \quad (6.2.2 \text{ b})$$

kde ϕ je úhel vnitřního tření zeminy.

6.2.3 Pasivní zemní tlak

„Pasivní zemní tlak působí na opěrné konstrukce, pokud je konstrukce zatlačována do zeminy vnější silou. S potřebným zatlačováním opěrné konstrukce roste odpor zeminy proti vytlačení až k maximální hodnotě označované pasivní zemní tlak. Při tomto tlaku dochází k porušení zeminy a k částečnému vytlačení klínu zeminy po vytvořené smykové ploše, na které došlo k maximální aktivizaci smykové pevnosti.“ Velikost pasivního zemního tlaku σ_p působícího na opěrnou konstrukci v hloubce z je dán vztahem (6.2), kde K je součinitel pasivního zemního tlaku K_p : [18]

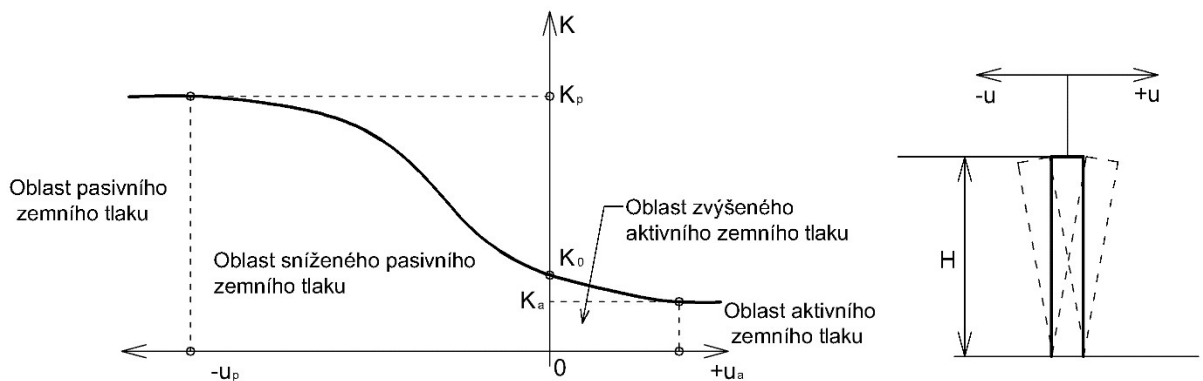
$$K_p = \frac{\cos^2(\phi + \alpha)}{\cos^2(\alpha) * \cos(\alpha + \delta) * \left[1 - \sqrt{\frac{\sin(\phi - \delta) * \sin(\phi + \beta)}{\cos(\alpha + \delta) * \cos(\alpha - \beta)}}\right]^2} \quad (6.2.3 \text{ a})$$

Za stejných předpokladů jako u aktivního zemního tlaku, je možné vztah zjednodušit:

$$K_p = \tan^2\left(45^\circ + \frac{\phi}{2}\right) = \frac{1 + \sin \phi}{1 - \sin \phi} \quad (6.2.3 \text{ b})$$

kde ϕ je úhel vnitřního tření zeminy.

Velikost vodorovného zemního tlaku, působícího na opěru mostu, se v průběhu životnosti mostu cyklicky mění. Důvodem je teplotní roztažení a smrštění konstrukce, při kterém jsou opěry zatlačovány nebo oddalovány od přilehlé zeminy. Velikost tohoto zatlačení nebo oddálení opěry následně vyvolává zemní tlak, který zatěžuje opěru. Závislost mezi vodorovnou deformací opěry a velikostí součinitele zemního tlaku je dokumentován obrázkem 55. Z tohoto průběhu je mimo jiné vidět, že k dosažení maximálního pasivního tlaku je potřeba velké deformace ve směru proti zemině. V praxi se takových hodnot deformací u integrovaných mostů nedosáhne, tudíž nikdy nebude dosaženo této maximální hodnoty pasivního zemního tlaku na opěru. Na druhou stranu, deformace potřebné k vyvolání aktivního zemního tlaku jsou řádově 10-5x menší a je tedy možno jich reálně u integrovaných mostů dosáhnout. Pro představu o velikostech vodorovné deformace, které je nutné dosáhnout pro aktivaci aktivního a pasivního zemního tlaku je zde uveden obrázek 56. [4], [18], [19]



Obrázek 55 – Velikost součinitele zemního tlaku K v závislosti na vodorovné deformaci u_i opěrné konstrukce. [18]

Tlak	nesoudržná zemina	relativní hodnoty přemístění stěny $\Delta y / h$ pro dosažení velikosti zemního tlaku		
		naklonění kolem paty	vodorovný posun	naklonění kolem vrchu
S_a	kyprá	0,004 až 0,005	0,002 až 0,003	0,008 až 0,01
S_a	ulehlá	0,001 až 0,002	0,0005 až 0,001	0,002 až 0,004
S_p	kyprá	0,3	0,1	0,15
$0,5 \cdot S_p$	kyprá	0,04	0,005	0,01
S_p	ulehlá	0,1	0,05	0,05
$0,5 \cdot S_p$	ulehlá	0,025	0,005	0,005

Obrázek 56 – Deformace pažící konstrukce potřebné k mobilizaci aktivního a pasivního zemního tlaku nesoudržných zemin. [19]

6.3 Modelování interakce zeminy a opěry

K návrhu integrovaného mostu, spolupůsobícího se zásypovou zeminou, se dnes v inženýrské praxi používá několik přístupů. Jedním z nich je modelování zeminového prostředí pomocí náhradního vodorovného zatížení, které působí na opěry. Dalším přístupem je modelování zeminového prostředí pomocí pružného podloží opěr. Možností jak řešit integrovaný most jako komplexní úlohu jsou numerická modelování. [7]

6.3.1 Metoda náhradního zatížení opěr

Modelování interakce zeminy a opěry pomocí náhradního vodorovného zatížení, které působí na opěry integrovaného mostu, je velmi využívané především v Anglii. Pro správný návrh pomocí této metody je zásadní stanovení zemních tlaků. Ty se pohybují mezi hodnotami K_a až K_p v závislosti na vodorovné deformaci opěry. Důležitý je i průběh součinitele zemního tlaku po výšce opěry, který se liší v závislosti na tuhosti opěry a jejím založení. Rozdílný průběh zemních tlaků po výšce opěry bude ukázán na dvou příkladech:

- 1) Tuhá rámová opěra založená na plošných základech
- 2) Poddajná opěra plné výšky založená na pilotách

U obou typů mostních opěr se pro popis průběhu součinitele zemního tlaku po výšce opěry používá tzv. modifikovaný součinitel zemního tlaku K^* . Hodnota K^* zohledňuje vodorovnou deformaci opěry a její výšku a je určena vztahem:

$$K^* = K_p * \left(\frac{d}{0,05H} \right)^{0,4} \quad (6.3.1 \text{ a})$$

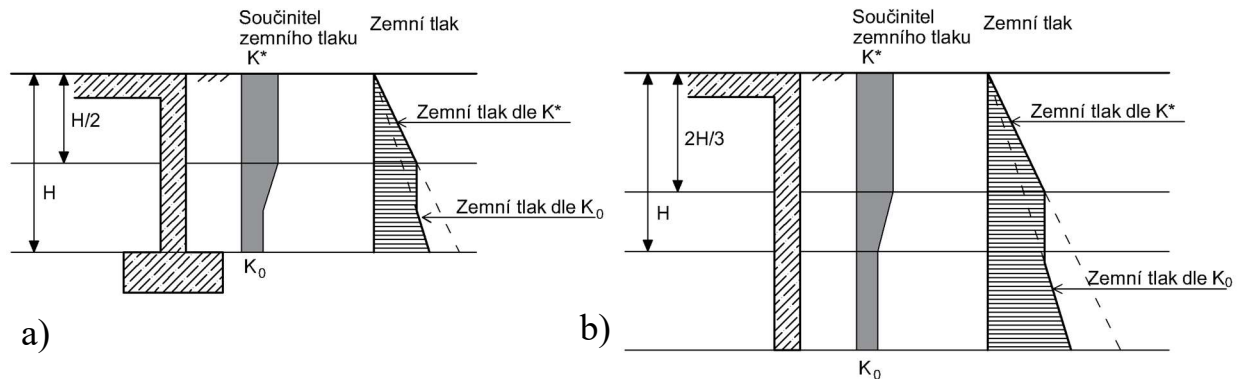
kde K_p je součinitel pasivního zemního tlaku v případě, kdy úhel tření mezi konstrukcí a zásypem odpovídá hodnotě $\delta = \phi_{ef}/2$. Proměnná d představuje vodorovný posun horní části opěry způsobený teplotním zatížením a H je výška opěry. Zároveň musí být splněna podmínka $K^* > K_0$.

Pro rámovou konstrukci mostu, u které je snaha dosáhnout větší efektivity návrhu, je možno vztah (6.3.1 a) upravit následovně:

$$K^* = K_0 + K_p * \left(\frac{d}{0,03H} \right)^{0,6} \quad (6.3.1 \text{ b})$$

Odlíšné rozložení zemních tlaků po výšce tuhé a poddajné opěry je znázorněno na obrázku 57. V případě tuhé opěry je průběh součinitele zemního tlaku konstantní až do poloviny výšky opěry, kde hodnota součinitele odpovídá právě hodnotě K^* . Od poloviny dolů dochází při zachování konstantního vodorovného tlaku k poklesu hodnoty součinitele zemního tlaku z K^* na K_0 , na kterém hodnota setrvává.

V druhém příkladu je na obrázku 57b znázorněn průběh součinitele zemního tlaku a samotného zemního tlaku po výšce poddajné opěry. Hodnota K^* je zde uvažována na horních dvou třetinách výšky opěry. Následuje pokles součinitele zemního tlaku z hodnota K^* na K_0 , na které hodnota setrvává. Je důležité zmínit, že počátek konstantního průběhu K_0 po výšce opěry, nemusí být vždy v úrovni terénu. Výška, ve které dosáhne průběh součinitele zemního tlaku hodnoty K_0 , je závislá na parametrech zeminy zásypu. [9]



Obrázek 57 – Průběh zemního tlaku po výšce opěry mostu: a) tuhá opěra; b) poddajná opěra. [9]

6.3.2 Metoda náhradních pružin

Metoda náhradních pružin modeluje interakci opěry s přilehlou zeminou pomocí pružin, jejichž vodorovná tuhost je vyjádřena modulem reakce podloží k_h . Hodnota k_h je závislá na parametrech zeminy zásypu a je možné ji získat ze zkoušek in-situ. Pro návrh integrovaného mostu je nutné znát i průběh k_h po výšce opěry. Ten se odvíjí od konstrukčního řešení opěry a jejího založení.

V závislosti na posuzovaném zatěžovacím stavu integrovaného mostu se pružné podloží aplikuje na model několika způsoby:

- 1) Model bez pružného podloží
- 2) Model s jednostranným pružným podložím
- 3) Model s oboustranným pružným podložím

Mezi zatížení, které se posuzuje bez aplikace pružného podloží na model, patří zatížení od ochlazení, dotvarování a smršťování betonu a od vlastní tíhy nosné konstrukce před zasypáním opěr.

Jednostranné pružné podloží se využívá pro posouzení zatížení od aktivního zemního tlaku, zemního tlaku od přitížení povrchu a zatížení brzdnými silami. Přičemž se na jednu stranu modelu umístí zmíněné pružné podloží a na druhou stranu silové účinky působících zemních tlaků.

Model s oboustranným pružným podložím se využívá pro posouzení účinků zatížení od teplotní roztažnosti konstrukce, zatížení dopravou, sedání a od ostatního stálého zatížení. [7]

6.3.3 *Numerické modelování*

Nejsložitější, ale nejkompaktnější metodou návrhu integrovaného mostu a jeho interakce s okolní zeminou je numerické modelování využívající metodu konečných prvků nebo metodu sítí. Pro model zohledňující, jak samotou konstrukci, tak i podloží a okolní zeminové prostředí, je důležité správné stanovení vstupních parametrů, odpovídajícího modelu konstrukce a výpočtového softwaru. [20]

6.4 Možnosti početního návrhu integrovaného mostu

K početnímu návrhu integrovaných mostů je přistupováno z různých úhlů pohledu. V zásadě je metoda návrhu ovlivněna specializací projektanta – geotechnik nebo statik. Druhým faktem, který ovlivňuje postup návrhu, je způsob modelování interakce integrovaného mostu a přilehlé zeminy. Integrovaný most může být modelován jako celek, který je ovlivněn přilehlou zeminou, nebo je možné návrh mostu rozdělit na samostatný návrh opěr spolupůsobících se zeminou a na návrh hlavní nosné konstrukce. V případě modelování mostu jako celku je k takovému řešení zapotřebí kvalitního softwaru, který zvládne spolehlivě vymodelovat interakci dvou objektů. Těchto softwarů ovšem zatím není na trhu dostatek, a proto je výhodné přistoupit k alternativnímu návrhu, jako je například zjednodušená iterativní metoda. Cílem této metody je návrh integrovaného mostu pomocí běžně dostupných statických a geotechnických výpočtových programů, přičemž není poleveno z nároků na přesnost výpočtu.

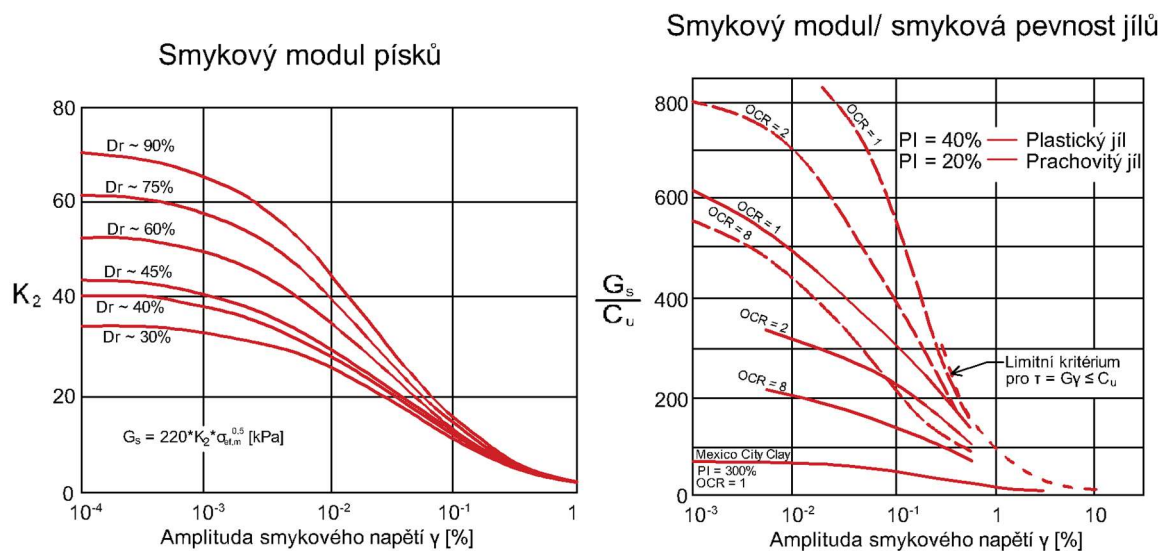
6.4.1 *Zjednodušená iterativní metoda*

Zjednodušená iterativní metoda využívá iterace mezi konstrukčním a geotechnickým modelem integrovaného mostu. Metoda je schopná rozumně vystihnout interakci konstrukce se zeminou, postup výstavby i teplotní zatížení za pomoci běžně dostupných programů, navzdory větší pracnosti při iteračním postupu.

Podstatou iterace je předávání parametrů mezi dvěma samostatnými modely. Geotechnický model simuluje chování opěry. Pracuje s opěrou, jako s opěrnou zdí vetknutou do podloží, která je zatížena zemními tlaky od přilehlé zeminy a ve vrcholu ohybovým momentem M_0 . Konstrukční model simuluje hlavní nosnou konstrukci jako prostý nosník, jehož natočení konců ω_0 je omezeno torzní pružinou s tuhostí k_{r0} , kde $k_{r0} = M_0/\omega_0$. Tuhost této pružiny představuje tuhost spojení hlavní nosné konstrukce s opěrou a je zároveň iterovanou hodnotou, která se předává mezi dvěma oddělenými výpočetními modely. [21]

6.5 Vlastnosti zásypové zeminy

Při návrhu integrovaného mostu je právě největším úskalím cyklické namáhání konstrukce teplotou. Vyvolané dilatační posuny hlavní nosné konstrukce se přenášejí do opěr, které svým cyklickým pohybem proti a od zeminy zásypu způsobují její dohutňování. Postupná navyšující se míra zhutnění zeminy za opěrou je doprovázena nárůstem její tuhosti. Právě tato postupná změna parametrů okolní zeminy významně ovlivňuje návrh a konečné působení mostu během jeho provozu. Základní představu o míře zhutnění, po několika cyklech deformace, a tedy i tuhosti zásypové zeminy je možné získat ze zkoušek tuhosti zeminy při malých přetvořeních nebo z literatury (viz obrázek 58). [21]



Obrázek 58 – Smykový modul zeminy G_s pro písky a jíly v závislosti na $\gamma = d/(3H)$: d – vodorovná deformace opěry; H – výška opěry. [21]

Z výše zmíněných důvodů vyplývá důležitost volby správného zásypového materiálu opěry a jejích parametrů. Zpravidla se používají písčité nebo šterkovité propustné nesoudržné zeminy. Dle doporučení by se jejich úhel vnitřního tření měl pohybovat v rozsahu $\phi_{ef} = 35^\circ - 55^\circ$. Volba materiálu s charakteristikami z doporučeného rozmezí je kompromisem mezi velikostí působících zemních tlaků a velikostí sednutí. Zeminy s úhlem vnitřního tření okolo $\phi_{ef} = 35^\circ$ jsou dostatečně poddajné a jsou schopny přenést teplotní roztahování a smršťování nosné konstrukce bez velkých zemních tlaků zatěžujících opěru. Zároveň jsou ale náchylné na sedání. Na druhou stranu zeminy s úhlem vnitřního tření blízkí se $\phi_{ef} = 55^\circ$ omezují teplotní dilataci nosné konstrukce a tím generují vysoké zemní tlaky na opěru integrovaného mostu. Nejsou ovšem náchylné na sedání. U integrovaných mostů s rozpětím delším než 40 m je doporučováno navrhovat zásypový materiál maximálně s hodnotou $\phi_{ef} = 45^\circ$. Hodnota úhlu vnitřního tření je volena jako kompromis mezi velkým sedáním a velkými zemními tlaky na opěru. Tvar zásypového tělesa opěry by měl být u všech integrovaných mostů navržen ve sklonu 45° od paty opěry. [9]

7 EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

V rámci experimentální části této bakalářské práce bylo cílem vymodelovat chování opěr a přilehlé zeminy při cyklickém teplotním zatížení hlavní nosné konstrukce. Měření bylo provedeno celkem na třech modelech, které se odlišovaly návrhem vyztužení zásypu opěry. První model bez vyztuženého zásypu opěry představoval klasický integrovaný most tzv. *Integral bridge* (1). Druhý model integrovaného mostu měl vyztužený zásyp, s výztuží nespojenou s opěrou (2). Třetí model, představující *GRS integral bridge*, byl navržen s výztuží pevně spojenou se zadní stranou opěry (3). Reálnou předlohou pro tyto modely v měřítku 1:10, byl rámový jednopolový most s rozpětím 20 m a výškou opěry 5 m. Vzorem pro návrh modelu byl již realizovaný laboratorní model Profesora Tatsuoky z Japonska, který je popsán v kapitole 5.1.

7.1 Popis laboratorních modelů

7.1.1 Příprava laboratorních modelů

Laboratorní model opěry integrovaného mostu byl umístěn v laboratorním boxu o vnitřních půdorysných rozměrech 1150x550 mm a výšce 565 mm. Hlavní konstrukce boxu je z ocelových úhelníků, jehož dno a tři stěny jsou vyplněny OSB deskou tloušťky 25 mm. Zbývající stěna byla navržena z dvouvrstvého lepeného skla celkové tloušťky 8 mm, aby umožňovala náhled na deformující se vrstvy zásypu. Uvnitř boxu je osazena OSB deska o rozměrech 550x620 mm s tloušťkou 30 mm, která nahrazuje opěru integrovaného mostu. Modelová opěra mostu je kloubově uchycena pomocí tří pantů k desce dna boxu. Deska opěry je navíc po obou svislých okrajích doplněna přilepenými vinylovými pásy a u dna rohovou lištou z měkčeného PVC. Tato opatření eliminují mezery mezi deskou opěry a stěnou boxu a z velké části tak zabráňují prostupu zrn písku při deformacích.

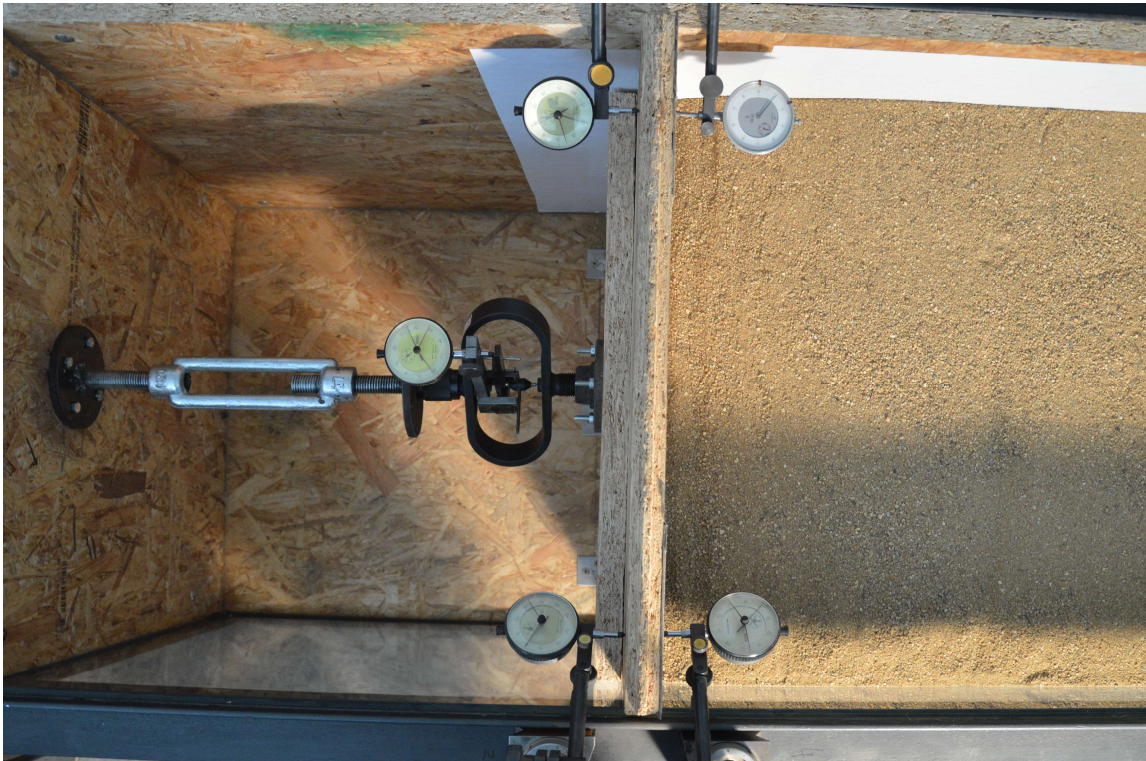
Při pohledu na model proti transparentní stěně je v levé části laboratorního boxu osazen zatěžovací mechanismus. Ten pomocí jeho vyšroubování a zašroubování vyvozuje přes roznášecí desku sílu na opěru a zároveň její vodorovnou deformaci. Mechanismus je umístěn ve výšce 410 mm nad dnem boxu, což při výšce zásypu 450 mm v pravé straně boxu zhruba odpovídá reálnému uložení nosné konstrukce mostu na jeho opěru. Zásyp na pravé straně modelu je tvořen vysušeným pískem ukládaným a hutněným po čtyřech vrstvách tloušťky 100 mm a poslední vrstvou tloušťky 50 mm. Každá vrstva byla rovnoměrně hutněna 200 údery, resp. 100 údery, dřevěného hranolu s půdorysnými rozměry 95x135 mm. Index relativní ulehlosti zhutněného písku dosahoval minimálně hodnoty $I_D = 0,6$. Každá čtvrtá vrstva zásypu byla navíc v blízkosti skleněné stěny boxu doplněna pruhem černého akvarijního písku, který umožnil pozorování pohybu vrstev zásypu při deformacích.

U modelů (2) a (3), které mají zásyp opěry vyztužený geomřížemi, byla tato výztuž modelově nahrazena fasádní perlínkou Vertex s velikostí oka mřížky 4 x 3 mm. Perlínka byla v modelovém zásypu uložena v pěti vrstvách ve vzdálenostech 75 mm. V půdorysu byla tkanina instalována po celé šířce opěry a zasahovala 300 mm do zásypu. U modelu (3) byla navíc tato výztuž pevně spojena se zadní stranou opěrové desky. Pro dosažení pevného a spolehlivého spojení byla perlínka na jednom konci v šířce 20 mm třikrát přehnuta a přišroubována na opěrovou desku přes vinylový pás pomocí 12 vrutů.

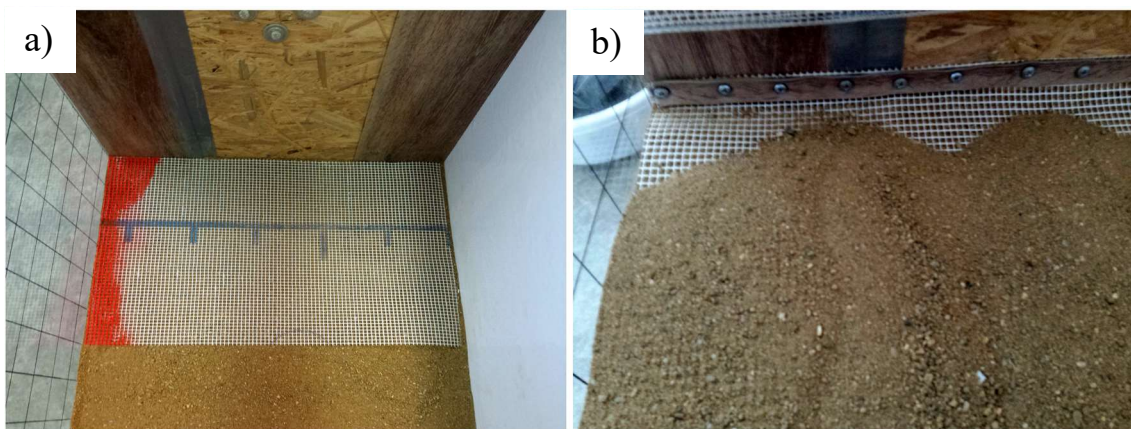
Připravený laboratorní box byl doplněn měřicí aparaturou. Vyvozaná síla na opěru byla měřena pomocí analogového dynamometru osazeného v zatěžovacím mechanismu. Posun opěry byl měřen 60 mm pod horní hranou opěrové desky, resp. 110 mm nad povrchem zásypu, pomocí čtyř analogových úchylkoměrů. Sednutí povrchu zásypu bylo měřeno pomocí metru přes transparentní stěnu boxu, která byla doplněna rastrem 50x50 mm. Pro zachycení průběhu sedání zásypu a pohybu jednotlivých vrstev při zatěžování byl model focen v pravidelných intervalech.



Obrázek 59 – Pohled na model připravený k měření.



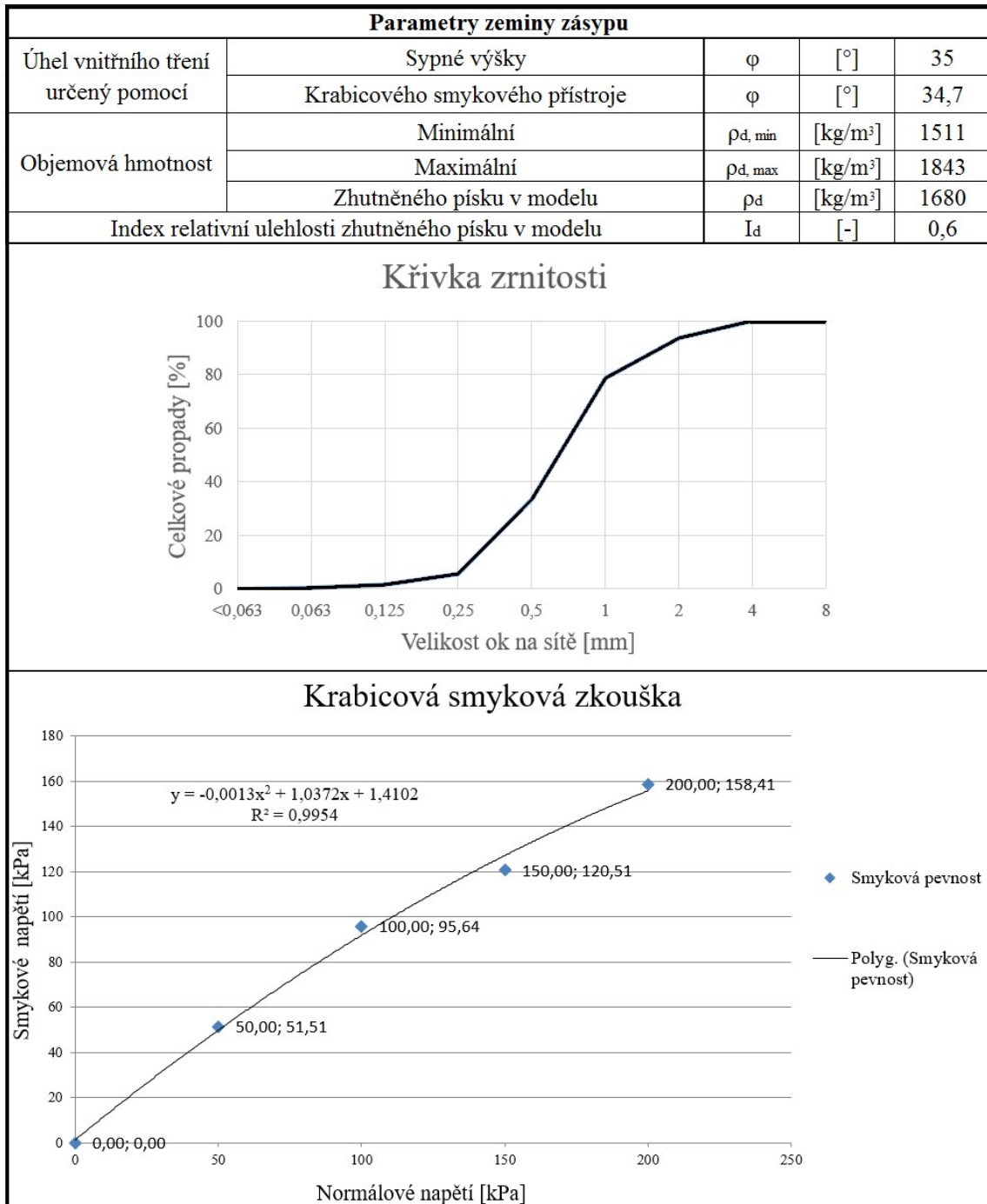
Obrázek 60 – Pohled shora na model. V levé části obrázku je šroubovací mechanismus s analogovým dynamometrem, vpravo zhutněný zásyp opěry. Uprostřed je opěra z OSB desky, na které jsou osazeny čtyři analogové úchylkoměry.



Obrázek 61 – Detaily uložení výztuže zásypu: a) výztuž nespojená s opěrou u modelu (2); b) výztuž spojená s opěrou u modelu (3).

7.1.2 Parametry zásypového materiálu modelu

Zásyp opěry modelového integrovaného mostu byl vytvořen z vysušeného písku s maximálním zrnem 4 mm. Na písku byla provedena zrnitostní zkouška a sestavena křivka zrnitosti. Pro materiál zásypu byly stanoveny meze maximální a minimální ulehlosti a jím odpovídající objemové hmotnosti písku. Vnitřní úhel tření písku byl určen nejprve odhadem ze sypaného úhlu a následně pomocí krabicového smykového přístroje.



Obrázek 62 – Parametry zeminy zásypu: a) shrnutí parametrů; b) laboratorně určená křivka zrnitosti; b) výstup krabicové smykové zkoušky.

7.2 Průběh měření

Při měření se u každého modelu mostu dodržoval stejný postup a stejné velikosti vodorovného posunu opěry. Ty byly stanoveny na hodnoty 3, 6 a 9 mm ve směru od i proti zásypu. Volba velikosti deformace je popsána v kapitole 7.2.1. První deformace modelu proběhla vždy od zásypu, což představuje dokončení integrovaného mostu na podzim, kdy posléze následuje chladné zimní období s nízkými teplotami, které způsobí zkrácení nosné konstrukce mostu. Při dosažení maximální stanovené vodorovné deformace od zásypu se opěra začala vracet zpět do původní polohy. Následovala deformace proti zásypu, která simulovala teplotní roztažení nosné konstrukce v letním období. Po dosažení maximální vodorovné deformace opěry došlo k jejímu vrácení zpět do výchozí pozice. Tento postup deformace opěry představuje jeden rok životnosti dokončeného integrovaného mostu. Každý model byl pro každou hodnotu vodorovné deformace zatěžován 10 cykly, představujícími 10 let životnosti mostu. Celkem byl tedy každý model zatížen 30 cykly.

Při zatěžování byly pravidelně odečítány hodnoty z dynamometru a vodorovné deformace opěry. Odečítání probíhalo po 1 mm, resp. po 2 mm, resp. po 3 mm dosažené vodorovné deformace pro maximální hodnotu deformace 3 mm, resp. 6 mm, resp. 9 mm. Měření sedání povrchu zásypu 5 cm za opěrou a následné zdokumentování fotografií bylo provedeno pro každou výchozí a maximální deformaci opěry od i proti zásypu.

7.2.1 *Volba velikosti vodorovné deformace opěry*

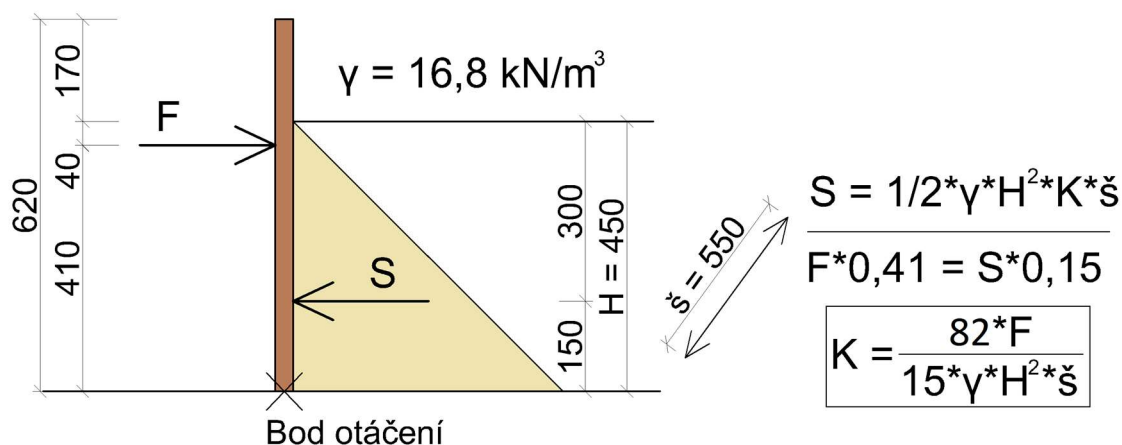
Klíčovým bodem při modelování deformace opěry bylo stanovení její maximální hodnoty. Našemu modelu s rozpětím 20 m odpovídá empiricky určená velikost dilatace 10 mm. Při použití modelového měřítka 1:10 by bylo nutné aplikovat na model vodorovnou deformaci opěry 1 mm. Vzhledem k tomu, že není zcela výstižné modelovat takto malé deformace opěry, bylo nutné přistoupit k větším hodnotám posunů. Po diskuzi s vedoucím práce a konzultanty byly maximální hodnoty deformace opěry stanoveny na 3, 6 a 9 mm. Při vyhodnocení výsledků laboratorního měření je tedy nutné vzít v potaz nepřesnosti, které volba velikosti deformace a měřítka modelu vůči reálnému mostu způsobí. V modelu se navíc negativně projevují i další vlivy, které jsou popsány v kapitole 7.4.

7.3 Výsledky měření

7.3.1 Zpracování naměřených hodnot

Hodnoty odečítané z dynamometru a čtyř úchylkoměrů jsou uvedeny v příloze 1. Tyto hodnoty byly vyhodnoceny dle následujícího postupu:

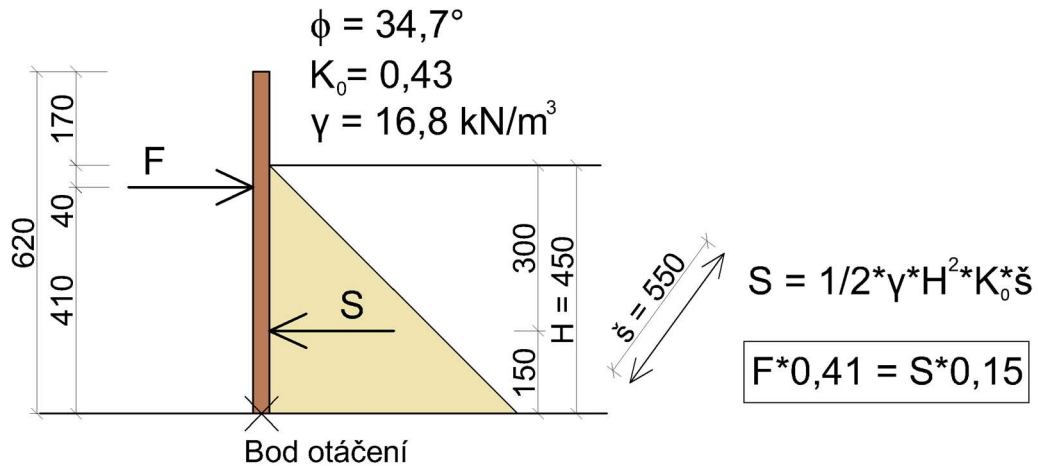
- 1) Skutečná deformace ε odečtená z dynamometru byla pomocí koeficientu 0,902 kN/mm, udaným výrobcem, přepočtena na velikost působící síly F .
- 2) Působící síla F byla následně pro její vybrané hodnoty přepočtena na součinitel zemního tlaku K . Statické schéma opěry a vztah pro výpočet K je znázorněn pomocí obrázku 63.



Obrázek 63 – Schéma a vztah pro stanovení součinitele zemního tlaku K .

- 3) Deformace odečítané ze čtyř analogových úchylkoměrů byly pro každý krok měření zprůměrovány. Průměrná vodorovná deformace d byla vyjádřena v poměru k výšce opěry H v procentech.

U modelu (1), který byl realizován jako první, byla provedena kontrola rovnováhy na opěře (viz obrázek 64). Kontrola byla provedena momentovou podmínkou okolo bodu otáčení opěry. Jako vstupní hodnota síly F byla použita počáteční síla odečtená z dynamometru pro připravený model před začátkem měření. Velikost vodorovného zemního tlaku působícího na opěru a jeho výslednice S byla určena z laboratorně změřených parametrů zásypové zeminy. Výsledná momentová rovnováha vyšla s chybou cca 4%.



Obrázek 64 – Schéma pro kontrolu rovnováhy na opěře a vztahy použité pro výpočet.

7.3.2 Vyhodnocení výsledků

Graf 1 zobrazuje vývoj síly F v průběhu laboratorního měření. Její velikost představuje odezvu konstrukce na tlak od zeminy zásypu. Maximální hodnota této síly, označovaná jako F_{max} , odpovídá maximální síle potřebné k požadovanému zatlačení opěry do zásypu v každém cyklu deformace. Při oddalování opěry od zásypu síla F postupně klesá a její hodnota reprezentuje vodorovný zemní tlak zeminy zásypu, který působí na desku opěry. V maximálních polohách desky opěry od zásypu se hodnoty síly F pohybují okolo nuly. V těchto bodech dochází k vyrovnání tlakových sil od zásypu a od šroubovacího mechanismu. U modelu (3) dosahuje síla F i záporných hodnot, tedy tahových sil působících na opěru. Důvodem je výztuž zásypu pevně spojená s opěrou, která je při oddalování opěry od zásypu z něj vytahována.

Při porovnání vývoje F_{max} je vidět, že velikost této síly v průměru roste s cykly a velikostí aplikované vodorovné deformace opěry (viz Graf 2). Největší celkový nárůst a největší konečná hodnota F_{max} byla zaznamenána pro model (1). Důvodem nárůstu F_{max} u modelu (1) je postupné dohutňování zásypu, způsobené cyklickou deformací opěry. Na druhou stranu u modelu (3), není nárůst F_{max} pro stejnou vodorovnou deformaci tak značný. Omezený nárůst F_{max} je důsledkem vyztužení zásypu, které omezuje jeho dohutňování a neumožní významný posun jednotlivých zrn a jejich propad do nižších vrstev.

Značně proměnný byl průběh F_{max} pro model (2). V prvních deseti cyklech bylo u tohoto modelu zapotřebí největších sil pro zatlačení opěry do zásypu. Tento trend se změnil zhruba po šestnáctém cyklu, kde se velikost sil F_{max} začala pohybovat mezi hodnotami sil dosažených u modelů (1) a (3). Důvodem poklesu potřebné síly proti zatlačení opěry do zásypu může být rozkolísání křivky F_{max} mezi šestnáctým a dvacátým cyklem, které bylo způsobeno vzniklou vadou na šroubovacím mechanismu. Závada byla sice okamžitě opravena, ale bylo zapotřebí šroubovací mechanismus vyjmout z modelu, což se může projevit v naměřených hodnotách.

Graf 3 zobrazuje průběh maximálních dosažených hodnot součinitele zemního tlaku na opěru K_{max} a hodnot součinitele zemního tlaku v klidu K_0 . Pro každý ze tří modelů jsou v grafu zobrazeny příslušné křivky v závislosti na počtu deformačních cyklů N .

Při porovnání průběhů K_{max} pro jednotlivé modely se můžeme odkázat na předchozí odstavec, neboť hodnota K_{max} je úměrná hodnotě F_{max} v každém bodě měření. Všechny naměřené hodnoty K_{max} se pohybují v oblasti sníženého pasivního zemního tlaku, protože vodorovné deformace opěry dosáhly maximální hodnoty 9 mm. Pro aktivaci plného pasivního odporu zeminy by bylo třeba dosáhnout zhruba o řád větší vodorovné deformace (viz obrázek 56). Konečné největší hodnoty K_{max} bylo dosaženo u modelu (1), který při zatlačování opěry do zeminy na ní vyvozoval největší vodorovný zemní tlak. Naopak opěra modelu (3) byla v celkovém pohledu zatěžována nejmenším vodorovným zemním tlakem.

Jak již bylo zmíněno, v grafu 3 jsou mimo hodnot K_{max} uvedeny i hodnoty součinitele zemního tlaku v klidu. Pro každý model jsou zobrazeny dvě křivky, které znázorňují vodorovný zemní tlak působící na opěru při její nulové vodorovné deformaci. Čárkovanou čarou jsou zobrazeny průběhy K_0 odečtené z dynamometru při směru deformace opěry proti zásypu. Tečkovanou čarou jsou znázorněny průběhy K_0 pro opačný případ, tedy pro pohyb opěry od zeminy. Při vzájemném porovnání celkových průběhů K_0 , bylo vždy největších hodnot dosaženo u modelu (2). Následoval model (1) a nejmenších hodnot bylo dosaženo u modelu (3). U modelu (3) bylo navíc při pohybu opěry od zeminy dosaženo záporných hodnot K_0 . Ty jsou důsledkem působící tahové silou F , která je zapříčiněna vytahováním výztuže ze zásypu. U všech tří modelů jsou vždy hodnoty změřené při deformaci opěry proti zemině větší než hodnoty změřené při deformaci opěry od zeminy zásypu. Tyto hodnoty se pro jednotlivé modely vždy liší zhruba o číselný rozdíl 0,6. Vzhledem k tomu, že tlak zeminy na opěru se s časem po určitou dobu měnil, je možné, že by po ustálení hodnoty F odečtené z dynamometru pro každý bod grafu, došlo k sjednocení čárkované a tečkované křivky.

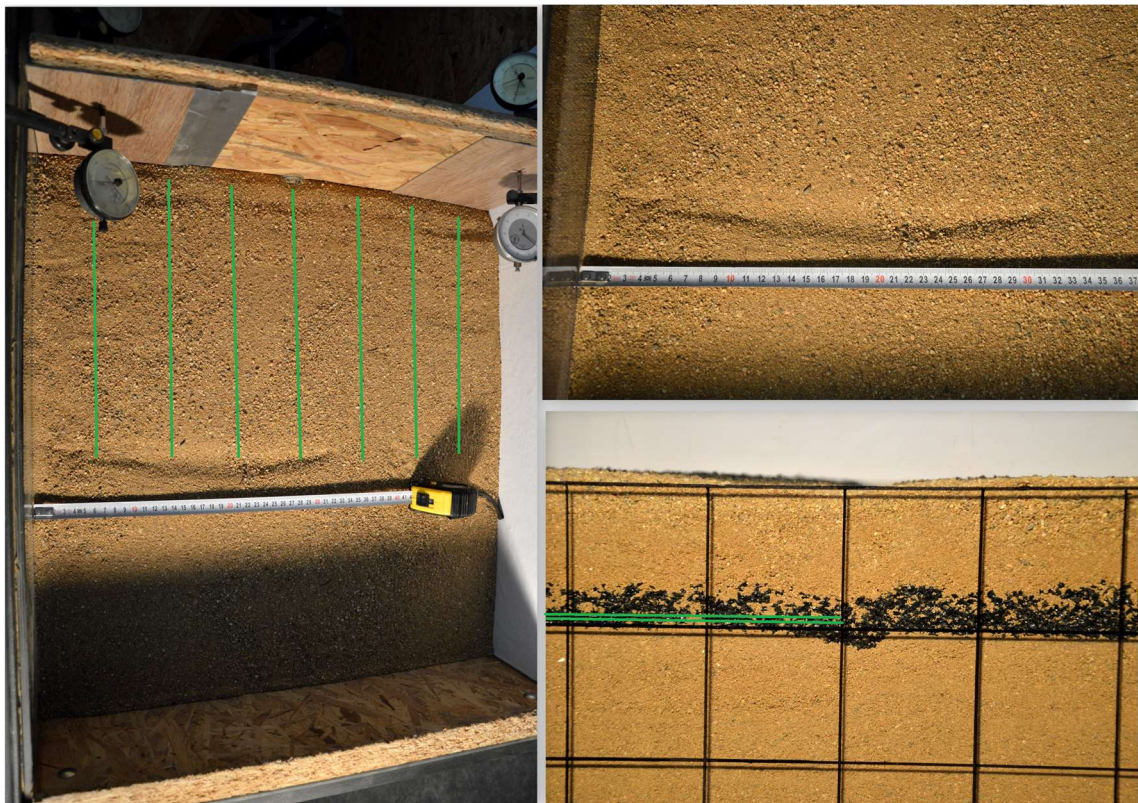
Postupné sedání povrchu zásypu v závislosti na cyklech deformace znázorňuje graf 4. Nejmenšího sedání bylo dosaženo u modelu (3), což přímo souvisí s nejmenším nárůstem F_{max} . Hodnota sedání u tohoto modelu v průběhu měření oscilovala okolo nuly a největší hodnoty 0,2 cm bylo dosaženo při třicátém, tedy posledním cyklu. Naopak značné sedání povrchu bylo zaznamenáno u modelů (1) a (2), s maximálními dosaženými hodnotami sednutí 2,6 cm pro (1) a 3,6 cm pro (2). Trochu překvapujícím výsledkem je průběh sednutí modelu (2), který v průběhu měření i po jeho dokončení dosahoval největších hodnot. Možná příčina byla objevena při postupném rozebírání modelu po ukončení měření. Výztuž modelu (2) byla po odkrytí ohnuta svisle dolů, což bylo způsobeno jejím cyklickým zatlačováním do zásypu. Naopak výztuž modelu (3) byla po odkrytí téměř v původním stavu. Její poloha nezaznamenala žádné změny. Rozdíl byl pouze v lehkém zvlnění roviny, ve které byla výztuž uložena. Toto zvlnění bylo nejvíce patrné u páté vrstvy uložené 75 mm pod povrchem zásypu, kde byla vodorovná deformace opěry největší.

S postupným sedáním povrchu zásypu, se v místě ihned za opěrou vytvářel propad. Tvar propadu, jeho šířka měřená u povrchu a hloubka měřená přímo u líce opěry, je odlišný pro jednotlivé modely. Nejširší propad se vytvořil u modelu (1), zatímco nejhlubší u modelu (2). Nejlépe si vedl model (3), u kterého je propad oproti ostatním modelům velmi malý. Na druhou stranu, se ale u tohoto modelu prokreslil posun horní výztuže až na povrch zásypu. V místě konce výztuže se vytvořila prohlubeň v šířce 3,5 cm a délce 32,3 cm měřené od skleněné stěny laboratorního boxu (viz obrázek 66).

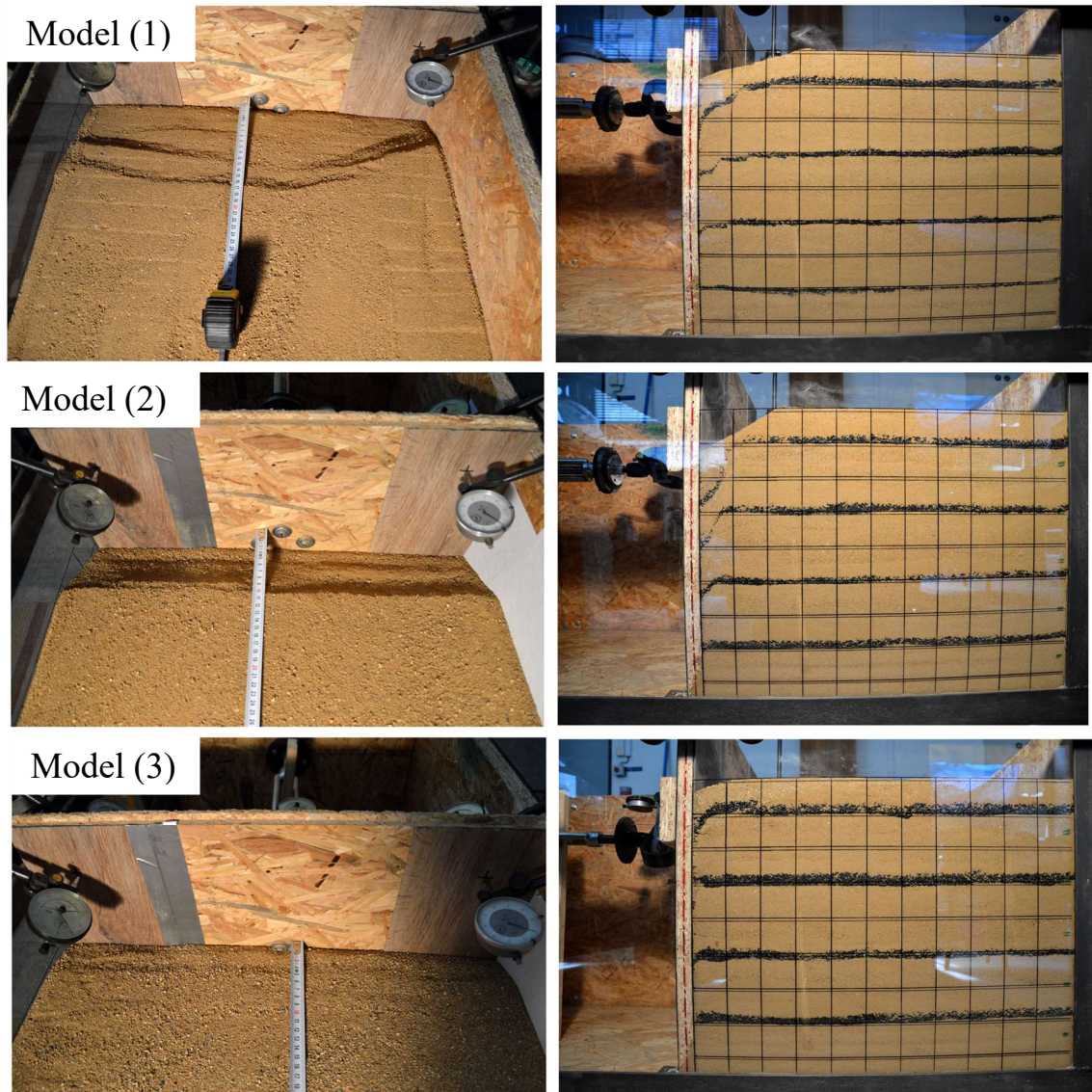
Celkově se tedy ukázalo, že je možné omezit sedání povrchu zásypu pomocí výztuže spojené s opěrou. V případě, kdy výztuž zásypu není pevně spojena s opěrou, není možné očekávat významné omezení sedání. Propady a jejich parametry jsou ilustrovány na obrázku 67.



Obrázek 65 – Deformace výztuže zásypu po třiceti cyklech u modelů: a) (2); b) (3).



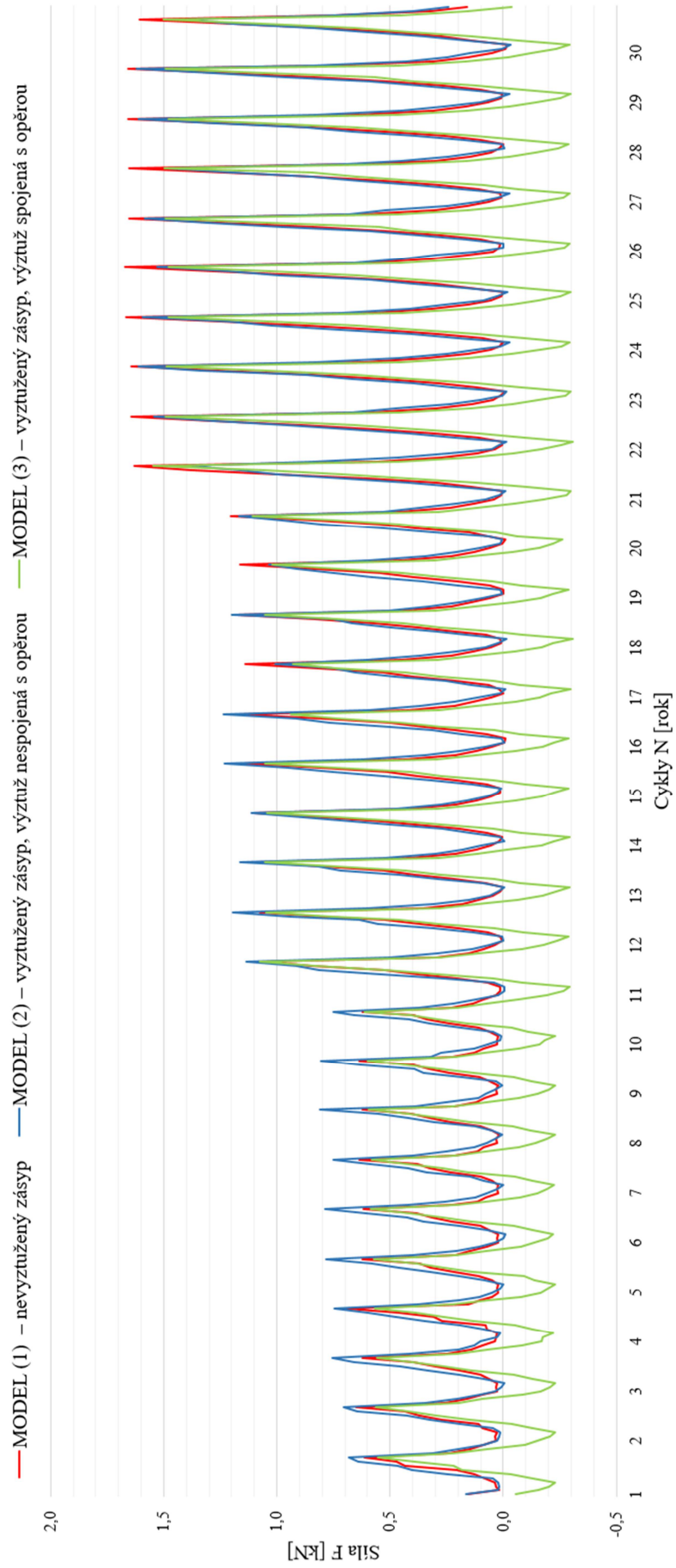
Obrázek 66 – Prokreslení posunu horní výztuže do povrchu zásypu u modelu (3). Poloha výztuže je v obrázku znázorněna zelenými čarami.



Parametry propadu povrchu zásypu			
Model	(1)	(2)	(3)
Šířka u povrchu [cm]	16,5	10,5	5,0
Hloubka u líce opěry [cm]	4,1	5,3	1,7

Obrázek 67 – Výsledný tvar a parametry propadu povrchu zásypu u opěry po třiceti cyklech deformace pro model (1), (2) a (3).

Vývoj působící síly F



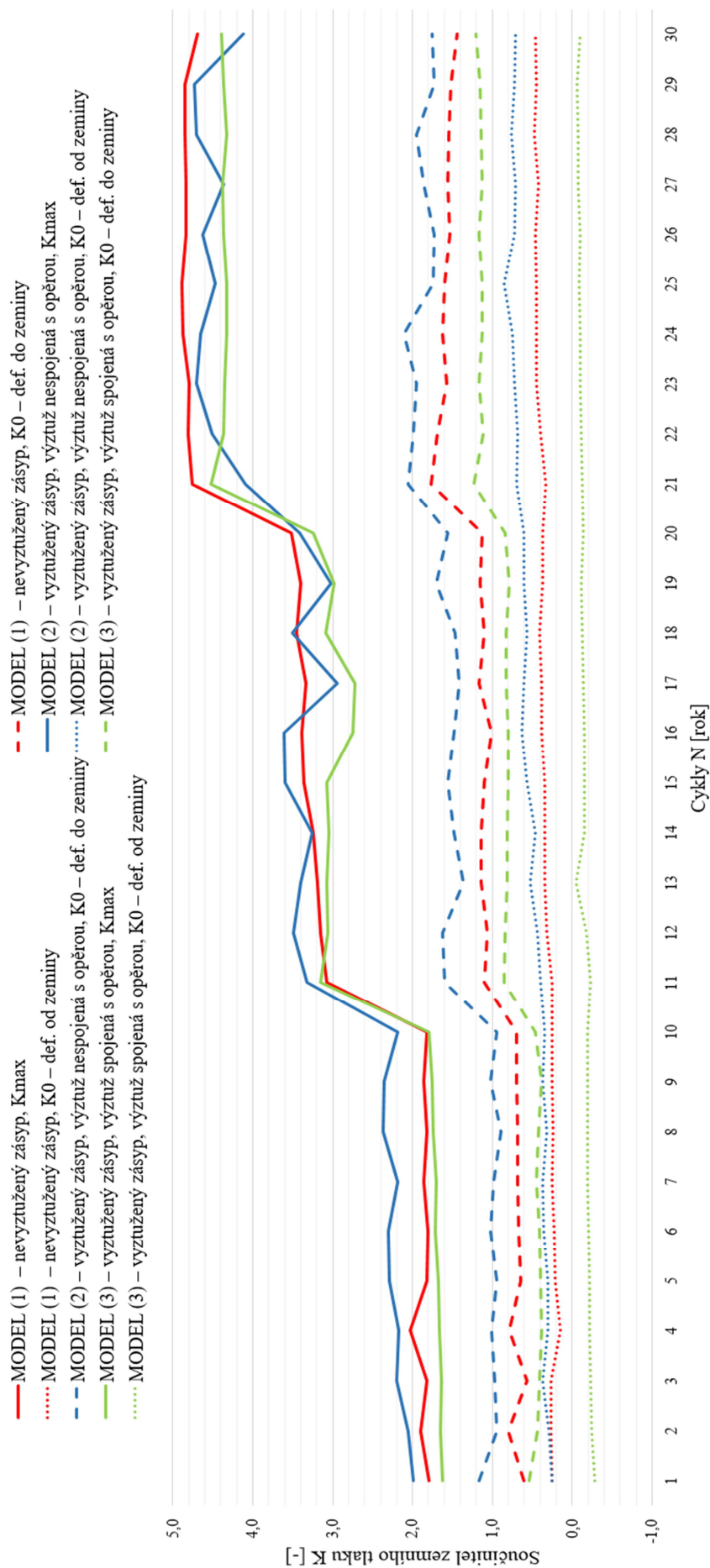
Graf 1

Vývoj maximálních hodnot síly F_{max}



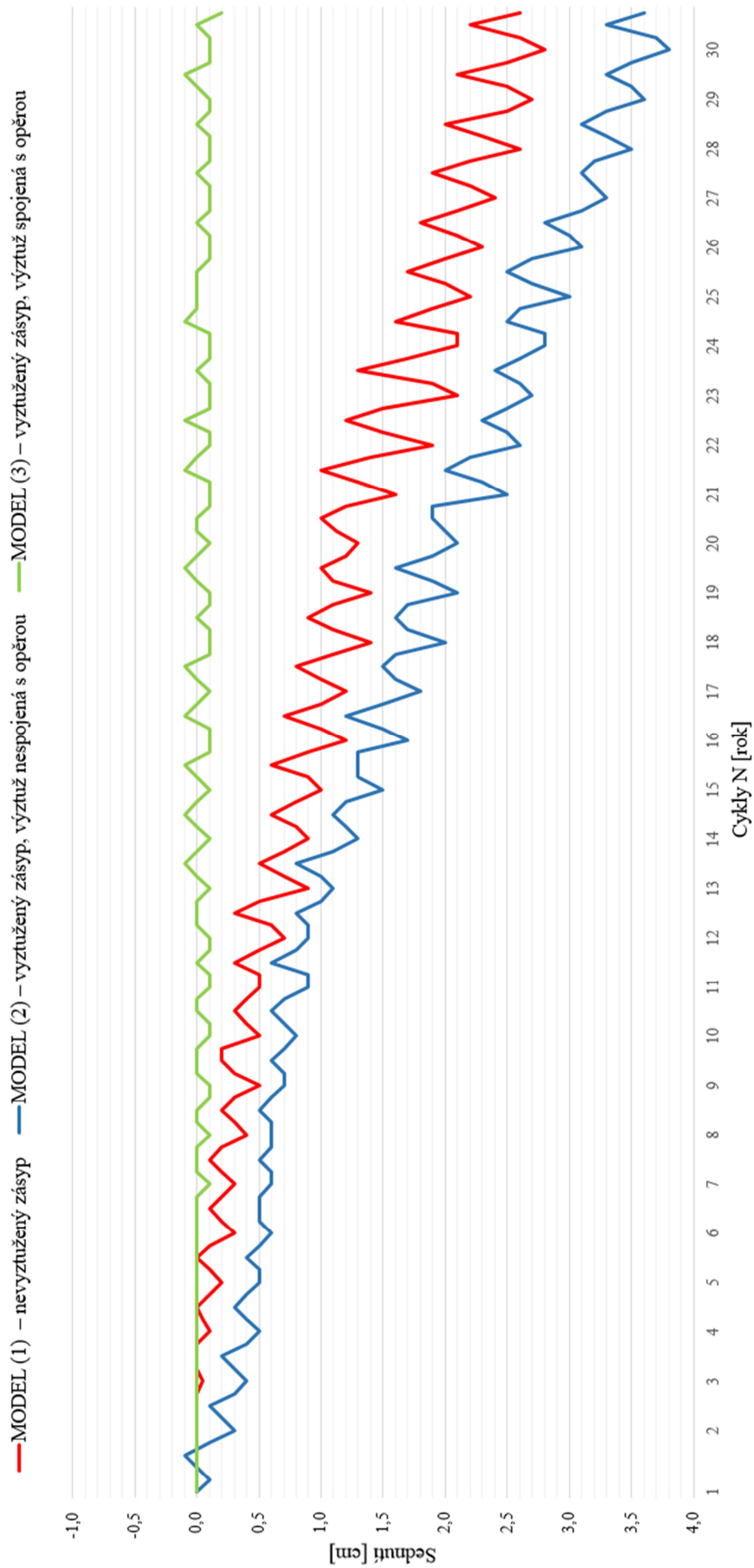
Graf 2

Vývoj maximálních hodnot součinitele zemního tlaku K_{max} a K_0



Graf 3

Vývoj sednutí zásypu 5 cm za opěrou



Graf 4

7.4 Chyby měření

Výsledky laboratorního modelování zatížení opěry integrovaného mostu jsou ovlivněny řadou faktorů. Především jde o technické, konstrukční a měřítkové nedostatky modelu, které se promítly do výsledného vyhodnocení.

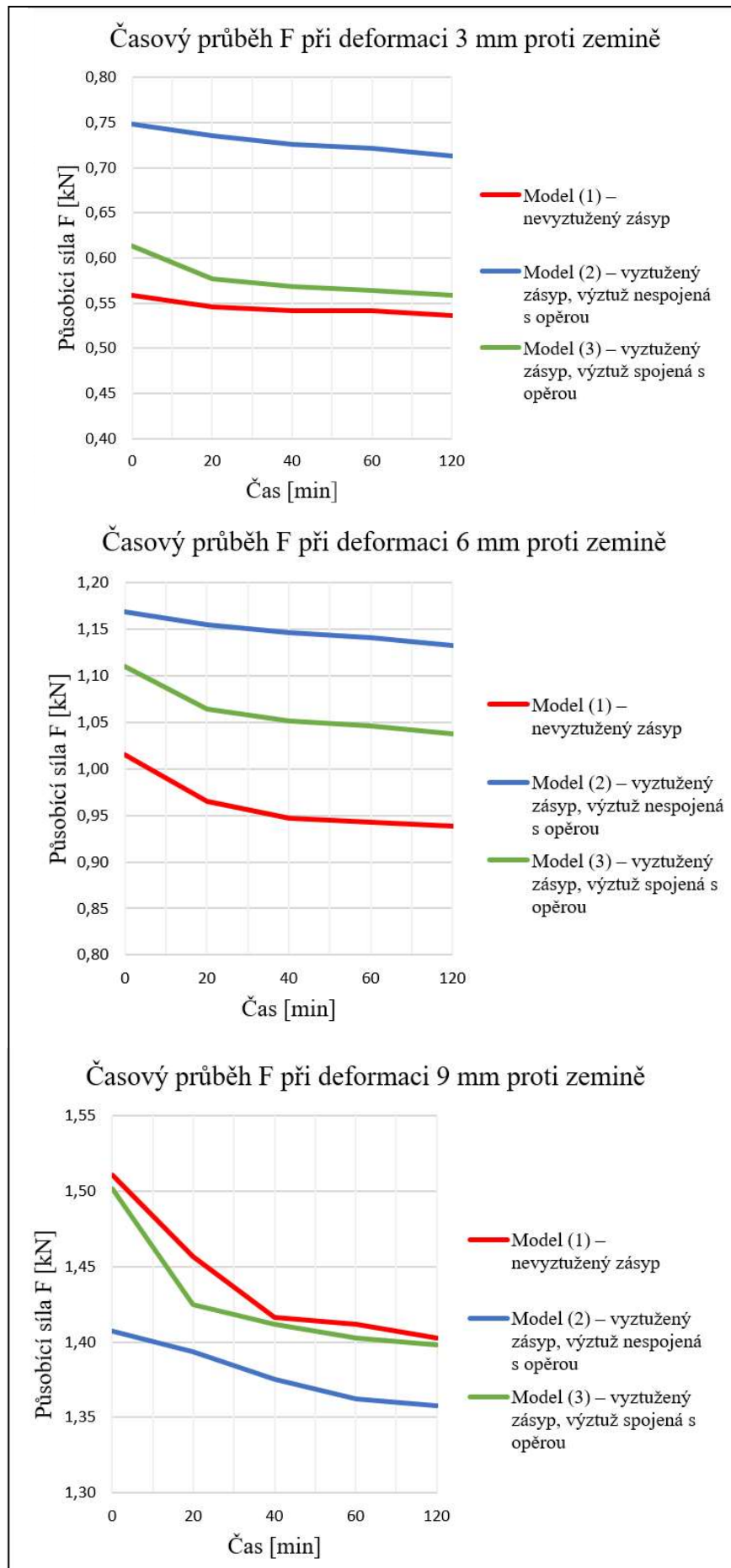
Jako největší technické omezení se ukázala nemožnost přímo měřit vodorovný tlak zásypu na opěru. Tlak na opěru byl proto určen nepřímou, početně, z vnější síly vyvolávající deformaci opěry. Z tohoto důvodu jsme schopni určit vodorovný zemní tlak pouze pro oblast zvýšeného pasivního tlaku a zemního tlaku v klidu. Hodnoty působící síly F a tedy i součinitele zemního tlaku K jsou navíc zatíženy chybou z rychlého průběhu deformačních cyklů. Průběh síly F odečítané z dynamometru je časově proměnný a k ustálené hodnotě dojde zhruba až po dvanácti hodinách. Časový průběh síly byl měřen u každého modelu, vždy po dokončení desátého cyklu s odpovídající maximální deformací po dobu dvou hodin (viz graf 5). Z průběhu grafů je vidět, že při zatlačení opěry do zeminy se síla s časem zmenšuje a naopak při oddálení se zvětšuje. Důvodem zmenšující se síly je postupné zatlačení zrněk písku v zásypu a tím i postupně klesající zemní tlak působící na opěru. Na druhou stranu zvětšující se síla na opěru při jejím oddálení od zásypu je způsobena pomalým pohybem zrněk písku proti opěře a jejich postupným dosedáním na její povrch.

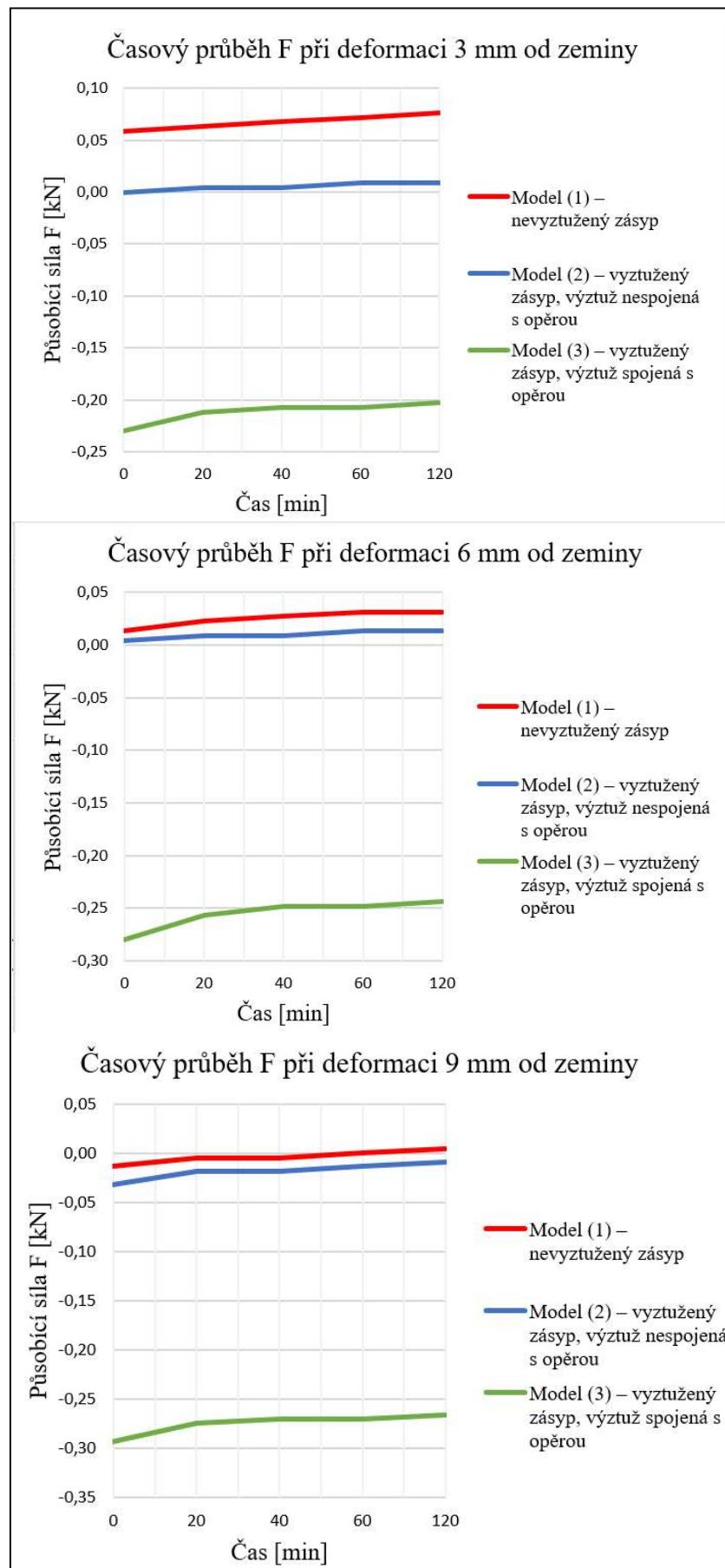
Mezi konstrukční nedostatky modelu patří tření mezi stěnou laboratorního boxu z OSB desky a materiálem zásypu, průhyb desky modelující opěru, bodové zatížení opěrové desky od šroubovacího mechanismu, propadávání zrn písku mezi stěnou boxu a deskou opěry (viz obrázek 68) a další. Většina konstrukčních nedostatků se ukázala v průběhu měření a jejich vylepšení bylo aplikováno až na další model. Model (2) byl proto vylepšen lepicí fólií na OSB desce stěny boxu, která zmenšila vliv tření a model (3) měl upravený šroubovací mechanismus.

Měřítkovou deformací je volba velikosti vodorovné deformace opěry, která byla diskutována v kapitole 7.2.1 a velikost zrna písku oproti rozměrům modelu.



Obrázek 68 – Množství propadlého písku po třiceti cyklech mezi stěnou boxu a deskou opěry u modelu (2).





Graf 5 – Časové průběhy síly F.

8 ZÁVĚR

Integrované mosty jsou v dnešní době velmi diskutovaným tématem. Svůj zájem vzbuzují především díky jejich nesporným výhodám oproti tradičním mostům. Mezi tyto výhody patří zejména vyloučení ložisek a mostních závěrů, které se promítnou v nižších realizačních i provozních nákladech stavby. Navzdory všem výhodám integrovaných mostů je zde jejich poněkud složitější návrh, který je dán jejich spolupůsobením s okolní zemínou.

Právě otázka spolupůsobení opěry s jejím zásypem byla modelována v experimentální části této práce. Chování zásypu opěry integrovaného mostu bylo modelováno pro tři návrhy vyztužení zásypu – zásyp bez výztuže, s výztuží spojenou a nespojenou s opěrou. Všechny modely byly podrobeny třiceti cyklům vodorovné deformace opěry, která simulovala třicet let životnosti konstrukce. Z výsledků modelování se ukázal přínos vyztužení zásypu opěry v případě, že je výztuž pevně spojená s opěrou, neboť pro tento model bylo dosaženo nejmenších vodorovných zemních tlaků na opěru a nejmenších hodnot sednutí povrchu zásypu. Výsledky takového modelování jsou však zatíženy značnou chybou a nelze je proto zcela srovnávat se skutečností. Je ale možné použít je jako představu o chování zásypu u integrovaných mostů.

V rámci experimentálního měření se objevovaly mnohé další otázky, kterým by bylo zajímavé se i nadále věnovat. Příkladem může být přímé měření tlaku zásypu na opěru pomocí tlakových senzorů umístěných na rubu opěry, zatěžování opěry časově pomalejší deformací nebo možnosti snížení teplotních vlivů na hlavní nosnou konstrukci. Právě teplotní zatížení integrovaných mostů hraje jednu z nejdůležitějších rolí. Jako řešení tohoto problému se nabízí využití geotermální energie, která by částečně vyrovnávala vzniklé teplotní rozdíly hlavní nosné konstrukce a tím omezila zatížení opěr a jejich zásypů.

Z poznatků, které podává literatura, a z vlastního laboratorního měření je vidět potenciál těchto mostních konstrukcí pro budoucí výstavbu. Věřím, že je jen otázkou času, kdy se integrované mosty stanou běžně navrhovanou mostní konstrukcí i v České republice.

9 LITERÁRNÍ ZDROJE

- [1] STRÁSKÝ, Jiří a Radim NEČAS. *Betonové mosty I: Základní principy navrhování*. Brno, 2006. Studijní materiál, VUT [online]. [cit. 2017-03-15]. Dostupné z: http://lences.cz/domains/lences.cz/skola/subory/Skripta/BL12-Betonove_mosty/BL12-Betonove_mosty_I--M01-Zakladni_principy_navrhovani.pdf
- [2] TATSUOKA, F. Recent developments in practice and research of geosynthetic-reinforced earth structures in Japan. *Keynote lecture*, 2008, 30.
- [3] DRAHORÁD, Michal, Marek FOGLAR a Vladislav HRDOUŠEK. *TP Integrované mosty*. Pracovní verze k projednání 6/9/2016. 2016.
- [4] ŠAFÁŘ, Roman. *Betonové mosty 2: přednášky*. V Praze: České vysoké učení technické, 2014. ISBN 978-80-01-05543-4.
- [5] GRAUBNER, Carl- Alexander a Jaroslav KOHOUTEK. Integrované mosty v průběhu času. *BETON*, 2015, 4: 3-12.
- [6] BURKE, Martin P. *Integral and semi-integral bridges*. Ames, Iowa: Wiley-Blackwell, 2009. ISBN 978-1-4051-9418-1.
- [7] KŘÍŽEK, Jaromír. *Integrované mosty*. Praha, 2009. Disertační práce. ČVUT.
- [8] TATSUOKA, Fumio, et al. Research and construction of geosynthetic-reinforced soil integral bridges. *Transportation Geotechnics*, 2016, 8: 4-25.
- [9] BA 42/96 Part 12: *The Design of Integral Bridges*, Highways Agency, 2003.
- [10] VANÍČEK, Martin. *Deformace zásypu opěr a vozovky u integrovaných mostů*. GEOSYNTETIKA, s.r.o., 2015.
- [11] Bridge Auerbachstrasse across Heilbronner Strasse: Stuttgart, Germany, 2003. *Schlaich bergemann partner* [online]. [cit. 2017-05-14]. Dostupné z: <http://www.sbp.de/en/project/bridge-auerbachstrasse-across-heilbronner-strasse/>
- [12] KEIL, Andreas a Frank SCHÄCHNE. Die neue Bleichinselbrücke in Heilbronn. *Stahlbau* [online]. 2016, **85**(2), 137-146 [cit. 2017-05-14]. DOI: 10.1002/stab.201610365. ISSN 00389145. Dostupné z: <http://doi.wiley.com/10.1002/stab.201610365>

- [13] WASSERMAN, Edward P. a Frank SCHÄCHNE. Tennessee State Route 50 Bridge Over Happy Hollow Creek. *PCI Journal* [online]. 1999, 44(5), 26-46 [cit. 2017-05-14]. DOI: 10.15554/pcij.09011999.26.46. ISSN 08879672. Dostupné z: http://www.pci.org/pci_journal-1999-september-october-3/
- [14] KOLENČÍK, Pavel a Jiří STRÁSKÝ. Integrované most na silnici I/11. *BETON*, 2016, 4: 14-20.
- [15] TATSUOKA, Fumio, et al. Geosynthetic-Reinforced Soil Structures for Railways in Japan. *Transportation Infrastructure Geotechnology*, 2014, 1.1: 3-53.
- [16] LENART, Stanislav, et al. Design and construction of the first GRS integrated bridge with FHR facings in Europe. *Transportation Geotechnics*, 2016, 8: 26-34.
- [17] MUNOZ, H., et al. Dynamic stability of geosynthetic-reinforced soil integral bridge. *Geosynthetics International*, 2012, 19.1: 11-38.
- [18] VANÍČEK, Ivan. *Mechanika zemin*. Vyd. 3. přeprac. V Praze: České vysoké učení technické, 1996. ISBN 80-010-1437-1.
- [19] MASOPUST, Jan. *Vrtané piloty*. Praha: Čeněk a Ježek, 1994. ISBN 80-238-2755-3.
- [20] VANÍČEK, Martin. *Integral bridge design using soil- structure interaction approach*. Příspěvek konference Geotechnics in Maritime Engineering, 11th Baltic Sea Geotechnical Conference, Poland, 2008.
- [21] VANÍČEK, Martin. *Integral Bridges design procedure*, metodika ARUP, 2006.

10 ZDROJE OBRÁZKŮ

Zdroje obrázků, u kterých se neslučuje jejich zdroj se zdrojem literárním:

- [22] Rainbow bridge. In: *Traveling SEO* [online]. 2013 [cit. 2017-05-18].
Dostupné z:
<https://travelingseodotcom.files.wordpress.com/2013/05/rainbowbridge2.jpg>

- [23] Bridge of the Auerbachstrasse in Stuttgart. In: *A/E Firms + Profiles* [online].
2011 [cit. 2017-05-24]. Dostupné z:
<https://aefirms.files.wordpress.com/2011/01/bridge-of-the-auerbachstrasse-in-stuttgart.png>

- [24] Kujira Bridge. In: *StructuraE* [online]. [cit. 2017-05-24]. Dostupné z:
<https://files1.structurae.de/files/photos/1/kujirabashi.jpg>

- [25] Happy Hollow bridge. In: *Concrete Bridge Views* [online]. [cit. 2017-05-24].
Dostupné z: <http://www.concretebridgeviews.com/images/SR-50.jpg>

11 PŘÍLOHA 1

MODEL (I) – nevztlužený zášyp														
Počáteční čtení dynamometru pro F = 0				1,04	Maximální odpovídající deformace opěry d [mm]					3; 6; 9				
Počet cyklů = počet let	Směr deformace	Síla na opěru			Součinitel zemního tlaku	Posun opěry	Posun opěry čtení budíků				Skutečný posun opěry	Skutečný posun opěry	Sednutí zášypu 5 cm za opěrou	
		Relativní deformace	Skutečná deformace	Působící síla			1	2	3	4				
N			ϵ	F	K						d	d/H	S	
		[mm]	[mm]	[kN]	[-]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[%]	[mm]	
1	na ose	1,38	0,34	0,153	0,448	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,0
		1,08	0,04	0,018	0,053	1	0,95	1,29	0,00	0,00	-1,12	-0,25		
		1,11	0,07	0,032	0,092	2	1,92	2,22	0,00	0,00	-2,07	-0,46		
		1,12	0,08	0,036	0,105	3	3,22	2,82	0,00	0,00	-3,02	-0,67	0,0	
		1,22	0,18	0,081	0,237	2	1,96	2,03	0,00	0,00	-2,00	-0,44		
	proti zášypu léto	1,32	0,28	0,126	0,369	1	1,02	0,93	0,00	0,00	-0,98	-0,22		
		1,50	0,46	0,207	0,606	0	0,13	0,00	0,00	0,00	-0,07	-0,01	0,0	
		2,00	0,96	0,433	1,265	1	0,00	0,00	0,98	1,13	1,06	0,23		
		2,09	1,05	0,474	1,384	2	0,00	0,00	1,96	2,09	2,03	0,45		
		2,40	1,36	0,613	1,792	3	0,00	0,00	2,89	3,06	2,98	0,66	0,0	
		1,57	0,53	0,239	0,698	2	0,00	0,00	1,93	2,02	1,98	0,44		
		1,36	0,32	0,144	0,422	1	0,00	0,00	0,59	1,01	0,80	0,18		
2	na ose	1,23	0,19	0,086	0,250	0	0,07	0,00	0,00	0,06	-0,01	0,00	0,0	
		1,11	0,07	0,032	0,092	1	0,95	1,12	0,00	0,00	-1,04	-0,23		
		1,12	0,08	0,036	0,105	2	1,91	2,05	0,00	0,00	-1,98	-0,44		
		1,10	0,06	0,027	0,079	3	3,11	2,91	0,00	0,00	-3,01	-0,67	0,0	
		1,24	0,20	0,090	0,264	2	1,94	2,07	0,00	0,00	-2,01	-0,45		
	proti zášypu léto	1,28	0,24	0,108	0,316	1	1,00	0,97	0,00	0,00	-0,99	-0,22		
		1,65	0,61	0,275	0,804	0	0,01	0,00	0,00	0,05	0,02	0,00	0,0	
		1,86	0,82	0,370	1,081	1	0,00	0,00	0,98	1,05	1,02	0,23		
		2,00	0,96	0,433	1,265	2	0,00	0,00	2,01	1,99	2,00	0,44		
		2,48	1,44	0,649	1,898	3	0,00	0,00	2,96	3,08	3,02	0,67	0,0	
		1,61	0,57	0,257	0,751	2	0,00	0,00	1,99	2,02	2,01	0,45		
		1,39	0,35	0,158	0,461	1	0,00	0,00	1,01	1,00	1,01	0,22		
3	na ose	1,24	0,20	0,090	0,264	0	0,07	0,00	0,00	0,02	-0,03	-0,01	0,0	
		1,10	0,06	0,027	0,079	1	0,90	1,05	0,00	0,00	-0,98	-0,22		
		1,11	0,07	0,032	0,092	2	1,91	2,10	0,00	0,00	-2,01	-0,45		
		1,10	0,06	0,027	0,079	3	3,10	2,93	0,00	0,00	-3,02	-0,67	0,1	
		1,18	0,14	0,063	0,184	2	1,89	2,12	0,00	0,00	-2,01	-0,45		
	proti zášypu léto	1,26	0,22	0,099	0,290	1	1,01	0,99	0,00	0,00	-1,00	-0,22		
		1,47	0,43	0,194	0,567	0	0,05	0,00	0,00	0,00	-0,03	-0,01	0,0	
		1,71	0,67	0,302	0,883	1	0,00	0,00	0,99	1,03	1,01	0,22		
		1,92	0,88	0,397	1,160	2	0,00	0,00	2,03	2,02	2,03	0,45		
		2,42	1,38	0,622	1,819	3	0,00	0,00	2,99	3,03	3,01	0,67	0,0	
		1,59	0,55	0,248	0,725	2	0,00	0,00	1,99	2,02	2,01	0,45		
		1,35	0,31	0,140	0,409	1	0,00	0,00	1,02	0,98	1,00	0,22		
4	na ose	1,24	0,20	0,090	0,264	0	0,07	0,00	0,00	0,01	-0,03	-0,01	0,0	
		1,12	0,08	0,036	0,105	1	0,98	1,10	0,00	0,00	-1,04	-0,23		
		1,11	0,07	0,032	0,092	2	1,86	2,10	0,00	0,00	-1,98	-0,44		
		1,10	0,06	0,027	0,079	3	2,97	3,00	0,00	0,00	-2,99	-0,66	0,1	
		1,20	0,16	0,072	0,211	2	1,86	2,13	0,00	0,00	-2,00	-0,44		
	proti zášypu léto	1,21	0,17	0,077	0,224	1	0,74	1,04	0,00	0,00	-0,89	-0,20		
		1,64	0,60	0,271	0,791	0	0,02	0,00	0,00	0,01	-0,01	0,00	0,1	
		1,72	0,68	0,307	0,896	1	0,00	0,00	1,05	0,96	1,01	0,22		
		2,07	1,03	0,465	1,357	2	0,00	0,00	1,95	2,04	2,00	0,44		
		2,58	1,54	0,695	2,029	3	0,00	0,00	2,99	3,11	3,05	0,68	0,0	
		1,38	0,34	0,153	0,448	2	0,00	0,00	2,02	2,00	2,01	0,45		
		1,26	0,22	0,099	0,290	1	0,00	0,00	0,98	1,03	1,01	0,22		
5	na ose	1,15	0,11	0,050	0,145	0	0,04	0,00	0,00	0,02	-0,01	0,00	0,1	
		1,09	0,05	0,023	0,066	1	0,89	1,08	0,00	0,00	-0,99	-0,22		
		1,10	0,06	0,027	0,079	2	1,92	2,10	0,00	0,00	-2,01	-0,45		
		1,09	0,05	0,023	0,066	3	3,05	2,99	0,00	0,00	-3,02	-0,67	0,2	
		1,15	0,11	0,050	0,145	2	1,98	2,06	0,00	0,00	-2,02	-0,45		
	proti zášypu léto	1,28	0,24	0,108	0,316	1	0,99	0,97	0,00	0,00	-0,98	-0,22		
		1,53	0,49	0,221	0,646	0	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,00	0,1	
		1,75	0,71	0,320	0,936	1	0,00	0,00	1,01	1,09	1,05	0,23		
		1,86	0,82	0,370	1,081	2	0,00	0,00	1,96	2,05	2,01	0,45		
		2,42	1,38	0,622	1,819	3	0,00	0,00	2,94	3,13	3,04	0,67	0,0	
		1,51	0,47	0,212	0,619	2	0,00	0,00	1,94	2,06	2,00	0,44		
		1,36	0,32	0,144	0,422	1	0,00	0,00	0,98	0,98	0,98	0,22		
6	na ose	1,20	0,16	0,072	0,211	0	0,03	0,00	0,00	0,00	-0,02	0,00	0,1	
		1,09	0,05	0,023	0,066	1	0,85	1,09	0,00	0,00	-0,97	-0,22		
		1,10	0,06	0,027	0,079	2	1,85	2,08	0,00	0,00	-1,97	-0,44		
		1,09	0,05	0,023	0,066	3	2,98	3,03	0,00	0,00	-3,01	-0,67	0,3	
		1,18	0,14	0,063	0,184	2	1,92	2,06	0,00	0,00	-1,99	-0,44		
	proti zášypu léto	1,26	0,22	0,099	0,290	1	0,98	0,99	0,00	0,00	-0,99	-0,22		
		1,55	0,51	0,230	0,672	0	0,00	0,00	0,00	0,06	0,03	0,01	0,2	
		1,74	0,70	0,316	0,922	1	0,00	0,00	1,01	1,04	1,03	0,23		
		1,89	0,85	0,383	1,120	2	0,00	0,00	1,99	2,09	2,04	0,45		
		2,41	1,37	0,618	1,805	3	0,00	0,00	2,94	3,09	3,02	0,67	0,1	
		1,54	0,50	0,226	0,659	2	0,00	0,00	1,98	2,07	2,03	0,45		
		1,29	0,25	0,113	0,329	1	0,00	0,00	0,98	0,97	0,98	0,22		

7	na ose	1,21	0,17	0,077	0,224	0	0,03	0,00	0,00	0,00	-0,02	0,00	0,2
	od zášypu zima	1,09	0,05	0,023	0,066	1	0,93	1,06	0,00	0,00	-1,00	-0,22	
		1,10	0,06	0,027	0,079	2	1,86	2,06	0,00	0,00	-1,96	-0,44	
		1,09	0,05	0,023	0,066	3	2,99	3,04	0,00	0,00	-3,02	-0,67	0,3
		1,15	0,11	0,050	0,145	2	1,98	2,13	0,00	0,00	-2,06	-0,46	
		1,26	0,22	0,099	0,290	1	0,93	0,95	0,00	0,00	-0,94	-0,21	
	na ose	1,56	0,52	0,235	0,685	0	0,00	0,00	0,01	0,06	0,04	0,01	0,2
	proti zášypu léto	1,76	0,72	0,325	0,949	1	0,00	0,00	1,02	1,06	1,04	0,23	
		1,88	0,84	0,379	1,107	2	0,00	0,00	1,97	2,03	2,00	0,44	
		2,45	1,41	0,636	1,858	3	0,00	0,00	2,90	3,09	3,00	0,67	0,1
1,52		0,48	0,216	0,633	2	0,00	0,00	1,94	2,06	2,00	0,44		
1,29		0,25	0,113	0,329	1	0,00	0,00	0,99	1,00	1,00	0,22		
na ose	1,23	0,19	0,086	0,250	0	0,01	0,00	0,00	0,00	-0,01	0,00	0,2	
8	od zášypu zima	1,10	0,06	0,027	0,079	1	0,92	1,11	0,00	0,00	-1,02	-0,23	
		1,11	0,07	0,032	0,092	2	1,88	2,11	0,00	0,00	-2,00	-0,44	
		1,08	0,04	0,018	0,053	3	2,95	3,05	0,00	0,00	-3,00	-0,67	0,4
		1,15	0,11	0,050	0,145	2	1,96	2,16	0,00	0,00	-2,06	-0,46	
		1,26	0,22	0,099	0,290	1	0,94	1,03	0,00	0,00	-0,99	-0,22	
	na ose	1,56	0,52	0,235	0,685	0	0,00	0,00	0,00	0,03	0,02	0,00	0,3
	proti zášypu léto	1,76	0,72	0,325	0,949	1	0,00	0,00	0,99	1,01	1,00	0,22	
		1,94	0,90	0,406	1,186	2	0,00	0,00	1,96	2,09	2,03	0,45	
		2,42	1,38	0,622	1,819	3	0,00	0,00	2,95	3,06	3,01	0,67	0,2
		1,52	0,48	0,216	0,633	2	0,00	0,00	1,92	1,99	1,96	0,43	
1,30		0,26	0,117	0,343	1	0,00	0,00	0,98	0,93	0,96	0,21		
na ose	1,22	0,18	0,081	0,237	0	0,03	0,00	0,00	0,00	-0,02	0,00	0,3	
9	od zášypu zima	1,10	0,06	0,027	0,079	1	0,89	1,05	0,00	0,00	-0,97	-0,22	
		1,11	0,07	0,032	0,092	2	1,88	2,04	0,00	0,00	-1,96	-0,44	
		1,09	0,05	0,023	0,066	3	2,92	3,07	0,00	0,00	-3,00	-0,67	0,5
		1,17	0,13	0,059	0,171	2	1,81	1,97	0,00	0,00	-1,89	-0,42	
		1,27	0,23	0,104	0,303	1	0,99	1,03	0,00	0,00	-1,01	-0,22	
	na ose	1,57	0,53	0,239	0,698	0	0,00	0,00	0,00	0,02	0,01	0,00	0,3
	proti zášypu léto	1,77	0,73	0,329	0,962	1	0,00	0,00	0,98	1,03	1,01	0,22	
		1,92	0,88	0,397	1,160	2	0,00	0,00	1,94	2,09	2,02	0,45	
		2,45	1,41	0,636	1,858	3	0,00	0,00	2,90	3,13	3,02	0,67	0,2
		1,54	0,50	0,226	0,659	2	0,00	0,00	1,92	2,05	1,99	0,44	
1,32		0,28	0,126	0,369	1	0,00	0,00	0,96	0,96	0,96	0,21		
na ose	1,23	0,19	0,086	0,250	0	0,01	0,00	0,00	0,00	-0,01	0,00	0,2	
10	od zášypu zima	1,10	0,06	0,027	0,079	1	0,90	1,06	0,00	0,00	-0,98	-0,22	
		1,10	0,06	0,027	0,079	2	1,86	2,12	0,00	0,00	-1,99	-0,44	
		1,09	0,05	0,023	0,066	3	2,89	3,10	0,00	0,00	-3,00	-0,67	0,5
		1,17	0,13	0,059	0,171	2	1,90	2,10	0,00	0,00	-2,00	-0,44	
		1,28	0,24	0,108	0,316	1	0,93	0,95	0,00	0,00	-0,94	-0,21	
	na ose	1,57	0,53	0,239	0,698	0	0,00	0,00	0,00	0,03	0,02	0,00	0,4
	proti zášypu léto	1,79	0,75	0,338	0,988	1	0,00	0,00	1,04	1,12	1,08	0,24	
		1,92	0,88	0,397	1,160	2	0,00	0,00	1,92	2,07	2,00	0,44	
		2,42	1,38	0,622	1,819	3	0,00	0,00	2,99	3,13	3,06	0,68	0,3
		1,55	0,51	0,230	0,672	2	0,00	0,00	1,94	2,06	2,00	0,44	
1,33		0,29	0,131	0,382	1	0,00	0,00	0,99	0,97	0,98	0,22		
na ose	1,23	0,19	0,086	0,250	0	0,02	0,00	0,00	0,00	-0,01	0,00	0,4	
11	od zášypu zima	1,11	0,07	0,032	0,092	2	1,83	2,11	0,00	0,00	-1,97	-0,44	
		1,07	0,03	0,014	0,040	4	3,90	4,12	0,00	0,00	-4,01	-0,89	
		1,07	0,03	0,014	0,040	6	5,74	6,19	0,00	0,00	-5,97	-1,33	0,5
		1,19	0,15	0,068	0,198	4	4,02	3,96	0,00	0,00	-3,99	-0,89	
		1,50	0,46	0,207	0,606	2	1,95	2,02	0,00	0,00	-1,99	-0,44	
	na ose	1,88	0,84	0,379	1,107	0	0,01	0,00	0,00	0,03	0,01	0,00	0,5
	proti zášypu léto	2,21	1,17	0,528	1,542	2	0,00	0,00	1,88	2,07	1,98	0,44	
		2,93	1,89	0,852	2,491	4	0,00	0,00	3,92	4,12	4,02	0,89	
		3,37	2,33	1,051	3,071	6	0,00	0,00	5,93	6,09	6,01	1,34	0,3
		1,70	0,66	0,298	0,870	4	0,00	0,00	3,98	3,97	3,98	0,88	
1,37		0,33	0,149	0,435	2	0,00	0,00	1,95	1,99	1,97	0,44		
na ose	1,23	0,19	0,086	0,250	0	0,00	0,02	0,00	0,00	-0,01	0,00	0,5	
12	od zášypu zima	1,12	0,08	0,036	0,105	2	1,87	2,01	0,00	0,00	-1,94	-0,43	
		1,05	0,01	0,005	0,013	4	3,93	4,04	0,00	0,00	-3,99	-0,89	
		1,07	0,03	0,014	0,040	6	5,96	6,14	0,00	0,00	-6,05	-1,34	0,7
		1,19	0,15	0,068	0,198	4	4,00	3,98	0,00	0,00	-3,99	-0,89	
		1,49	0,45	0,203	0,593	2	1,91	2,05	0,00	0,00	-1,98	-0,44	
	na ose	1,85	0,81	0,365	1,067	0	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,00	0,6
	proti zášypu léto	2,21	1,17	0,528	1,542	2	0,00	0,00	1,88	2,11	2,00	0,44	
		2,83	1,79	0,807	2,359	4	0,00	0,00	3,94	4,11	4,03	0,89	
		3,43	2,39	1,078	3,150	6	0,00	0,00	5,94	6,17	6,06	1,35	0,3
		1,82	0,78	0,352	1,028	4	0,00	0,00	3,98	4,00	3,99	0,89	
1,44		0,40	0,180	0,527	2	0,00	0,00	1,94	1,99	1,97	0,44		
na ose	1,28	0,24	0,108	0,316	0	0,03	0,02	0,00	0,00	-0,03	-0,01	0,5	
13	od zášypu zima	1,14	0,10	0,045	0,132	2	1,91	2,07	0,00	0,00	-1,99	-0,44	
		1,07	0,03	0,014	0,040	4	3,90	4,09	0,00	0,00	-4,00	-0,89	
		1,04	0,00	0,000	0,000	6	6,05	5,88	0,00	0,00	-5,97	-1,33	0,9
		1,21	0,17	0,077	0,224	4	4,00	3,98	0,00	0,00	-3,99	-0,89	
		1,53	0,49	0,221	0,646	2	1,92	1,99	0,00	0,00	-1,96	-0,43	
	na ose	1,91	0,87	0,392	1,146	0	0,00	0,00	0,00	0,04	0,02	0,00	0,7
	proti zášypu léto	2,21	1,17	0,528	1,542	2	0,00	0,00	1,97	2,07	2,02	0,45	
		2,82	1,78	0,803	2,346	4	0,00	0,00	3,99	4,11	4,05	0,90	
		3,46	2,42	1,091	3,189	6	0,00	0,00	5,93	6,07	6,00	1,33	0,5
		1,96	0,92	0,415	1,212	4	0,00	0,00	3,99	4,00	4,00	0,89	
1,51		0,47	0,212	0,619	2	0,00	0,00	1,96	1,98	1,97	0,44		
na ose	1,30	0,26	0,117	0,343	0	0,03	0,00	0,00	0,00	-0,02	0,00	0,7	
14	od zášypu zima	1,16	0,12	0,054	0,158	2	1,85	2,05	0,00	0,00	-1,95	-0,43	
		1,08	0,04	0,018	0,053	4	3,92	4,05	0,00	0,00	-3,99	-0,89	
		1,05	0,01	0,005	0,013	6	6,01	5,96	0,00	0,00	-5,99	-1,33	0,9

		1,20	0,16	0,072	0,211	4	3,97	3,99	0,00	0,00	-3,98	-0,88	
		1,48	0,44	0,198	0,580	2	1,94	2,02	0,00	0,00	-1,98	-0,44	
	na ose	1,91	0,87	0,392	1,146	0	0,02	0,00	0,00	0,10	0,04	0,01	0,8
		2,24	1,20	0,541	1,581	2	0,00	0,00	1,86	2,11	1,99	0,44	
	proti zášypu	2,83	1,79	0,807	2,359	4	0,00	0,00	3,99	4,10	4,05	0,90	
	léto	3,50	2,46	1,109	3,242	6	0,00	0,00	5,92	6,03	5,98	1,33	0,6
		1,95	0,91	0,410	1,199	4	0,00	0,00	3,98	3,97	3,98	0,88	
		1,51	0,47	0,212	0,619	2	0,00	0,00	1,97	2,00	1,99	0,44	
	na ose	1,30	0,26	0,117	0,343	0	0,03	0,00	0,00	0,00	-0,02	0,00	0,8
		1,16	0,12	0,054	0,158	2	1,91	2,06	0,00	0,00	-1,99	-0,44	
		1,07	0,03	0,014	0,040	4	3,93	4,04	0,00	0,00	-3,99	-0,89	
		1,07	0,03	0,014	0,040	6	5,81	6,15	0,00	0,00	-5,98	-1,33	1,0
		1,20	0,16	0,072	0,211	4	3,94	3,98	0,00	0,00	-3,96	-0,88	
		1,51	0,47	0,212	0,619	2	1,92	2,11	0,00	0,00	-2,02	-0,45	
	na ose	1,88	0,84	0,379	1,107	0	0,00	0,00	0,00	0,02	0,01	0,00	0,9
		2,18	1,14	0,514	1,502	2	0,00	0,00	2,01	2,11	2,06	0,46	
		2,84	1,80	0,812	2,372	4	0,00	0,00	4,00	4,12	4,06	0,90	
	proti zášypu	3,59	2,55	1,150	3,360	6	0,00	0,00	5,96	6,10	6,03	1,34	0,6
	léto	1,99	0,95	0,428	1,252	4	0,00	0,00	3,97	4,01	3,99	0,89	
		1,51	0,47	0,212	0,619	2	0,00	0,00	1,99	1,98	1,99	0,44	
	na ose	1,30	0,26	0,117	0,343	0	0,06	0,00	0,00	0,00	-0,03	-0,01	0,9
		1,15	0,11	0,050	0,145	2	1,91	2,10	0,00	0,00	-2,01	-0,45	
		1,03	-0,01	-0,005	-0,013	4	3,90	4,06	0,00	0,00	-3,98	-0,88	
		1,02	-0,02	-0,009	-0,026	6	5,95	6,03	0,00	0,00	-5,99	-1,33	1,2
		1,20	0,16	0,072	0,211	4	4,03	3,94	0,00	0,00	-3,99	-0,89	
		1,52	0,48	0,216	0,633	2	1,91	2,03	0,00	0,00	-1,97	-0,44	
	na ose	1,81	0,77	0,347	1,015	0	0,00	0,00	0,00	0,05	0,03	0,01	1,0
		2,16	1,12	0,505	1,476	2	0,00	0,00	1,89	2,09	1,99	0,44	
		2,83	1,79	0,807	2,359	4	0,00	0,00	3,97	4,08	4,03	0,89	
	proti zášypu	3,61	2,57	1,159	3,387	6	0,00	0,00	5,89	6,07	5,98	1,33	0,7
	léto	1,96	0,92	0,415	1,212	4	0,00	0,00	3,99	4,01	4,00	0,89	
		1,52	0,48	0,216	0,633	2	0,00	0,00	1,96	2,01	1,99	0,44	
	na ose	1,33	0,29	0,131	0,382	0	0,01	0,00	0,00	0,00	-0,01	0,00	1,0
		1,16	0,12	0,054	0,158	2	1,89	2,01	0,00	0,00	-1,95	-0,43	
		1,04	0,00	0,000	0,000	4	3,94	4,06	0,00	0,00	-4,00	-0,89	
		1,08	0,04	0,018	0,053	6	5,78	6,15	0,00	0,00	-5,97	-1,33	1,2
		1,18	0,14	0,063	0,184	4	4,00	3,98	0,00	0,00	-3,99	-0,89	
		1,52	0,48	0,216	0,633	2	1,90	2,07	0,00	0,00	-1,99	-0,44	
	na ose	1,93	0,89	0,401	1,173	0	0,00	0,00	0,00	0,04	0,02	0,00	1,0
		2,22	1,18	0,532	1,555	2	0,00	0,00	1,96	2,11	2,04	0,45	
		2,87	1,83	0,825	2,412	4	0,00	0,00	3,98	4,11	4,05	0,90	
	proti zášypu	3,57	2,53	1,141	3,334	6	0,00	0,00	5,95	6,03	5,99	1,33	0,8
	léto	2,03	0,99	0,446	1,305	4	0,00	0,00	4,04	4,01	4,03	0,89	
		1,55	0,51	0,230	0,672	2	0,00	0,00	1,98	1,99	1,99	0,44	
	na ose	1,33	0,29	0,131	0,382	0	0,03	0,00	0,00	0,00	-0,02	0,00	1,1
		1,16	0,12	0,054	0,158	2	1,95	2,14	0,00	0,00	-2,05	-0,45	
		1,06	0,02	0,009	0,026	4	3,94	4,08	0,00	0,00	-4,01	-0,89	
		1,07	0,03	0,014	0,040	6	5,76	6,30	0,00	0,00	-6,03	-1,34	1,4
		1,21	0,17	0,077	0,224	4	3,98	3,97	0,00	0,00	-3,98	-0,88	
		1,52	0,48	0,216	0,633	2	1,82	2,07	0,00	0,00	-1,95	-0,43	
	na ose	1,88	0,84	0,379	1,107	0	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,00	1,1
		2,31	1,27	0,573	1,674	2	0,00	0,00	1,90	2,14	2,02	0,45	
		2,90	1,86	0,839	2,451	4	0,00	0,00	4,02	4,09	4,06	0,90	
	proti zášypu	3,66	2,62	1,182	3,453	6	0,00	0,00	5,95	6,11	6,03	1,34	0,9
	léto	2,01	0,97	0,437	1,278	4	0,00	0,00	4,01	3,99	4,00	0,89	
		1,55	0,51	0,230	0,672	2	0,00	0,00	1,95	1,91	1,93	0,43	
	na ose	1,35	0,31	0,140	0,409	0	0,00	0,01	0,00	0,00	-0,01	0,00	1,1
		1,17	0,13	0,059	0,171	2	1,87	2,13	0,00	0,00	-2,00	-0,44	
		1,04	0,00	0,000	0,000	4	3,90	4,11	0,00	0,00	-4,01	-0,89	
		1,04	0,00	0,000	0,000	6	5,84	6,17	0,00	0,00	-6,01	-1,33	1,4
		1,17	0,13	0,059	0,171	4	3,99	3,98	0,00	0,00	-3,99	-0,89	
		1,50	0,46	0,207	0,606	2	1,87	2,13	0,00	0,00	-2,00	-0,44	
	na ose	1,92	0,88	0,397	1,160	0	0,00	0,00	0,00	0,02	0,01	0,00	1,1
		2,25	1,21	0,546	1,595	2	0,00	0,00	1,99	2,04	2,02	0,45	
		2,91	1,87	0,843	2,464	4	0,00	0,00	3,99	4,14	4,07	0,90	
	proti zášypu	3,62	2,58	1,164	3,400	6	0,00	0,00	6,09	6,05	6,07	1,35	1,0
	léto	2,04	1,00	0,451	1,318	4	0,00	0,00	4,06	3,94	4,00	0,89	
		1,55	0,51	0,230	0,672	2	0,00	0,00	2,04	1,95	2,00	0,44	
	na ose	1,32	0,28	0,126	0,369	0	0,01	0,00	0,00	0,00	-0,01	0,00	1,2
		1,17	0,13	0,059	0,171	2	1,88	2,12	0,00	0,00	-2,00	-0,44	
		1,05	0,01	0,005	0,013	4	3,87	4,18	0,00	0,00	-4,03	-0,89	
		1,02	-0,02	-0,009	-0,026	6	6,01	5,99	0,00	0,00	-6,00	-1,33	1,3
		1,19	0,15	0,068	0,198	4	4,03	3,95	0,00	0,00	-3,99	-0,89	
		1,37	0,33	0,149	0,435	2	1,92	2,06	0,00	0,00	-1,99	-0,44	
	na ose	1,90	0,86	0,388	1,133	0	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,00	1,1
		2,25	1,21	0,546	1,595	2	0,00	0,00	1,97	2,06	2,02	0,45	
		2,90	1,86	0,839	2,451	4	0,00	0,00	3,94	2,10	3,02	0,67	
	proti zášypu	3,71	2,67	1,204	3,519	6	0,00	0,00	6,00	6,09	6,05	1,34	1,0
	léto	2,06	1,02	0,460	1,344	4	0,00	0,00	4,02	3,99	4,01	0,89	
		1,56	0,52	0,235	0,685	2	0,00	0,00	2,01	1,99	2,00	0,44	
	na ose	1,32	0,28	0,126	0,369	0	0,02	0,00	0,00	0,00	-0,01	0,00	1,2
		1,13	0,09	0,041	0,119	3	2,89	3,07	0,00	0,00	-2,98	-0,66	
		1,06	0,02	0,009	0,026	6	6,00	6,01	0,00	0,00	-6,01	-1,33	
		1,05	0,01	0,005	0,013	9	8,86	9,18	0,00	0,00	-9,02	-2,00	1,6
		1,35	0,31	0,140	0,409	6	5,96	5,97	0,00	0,00	-5,97	-1,33	
		1,70	0,66	0,298	0,870	3	3,05	2,95	0,00	0,00	-3,00	-0,67	
	na ose	2,38	1,34	0,604	1,766	0	0,04	0,00	0,00	0,04	0,00	0,00	1,3
	proti zášypu	3,26	2,22	1,001	2,926	3	0,00	0,00	2,96	3,11	3,04	0,67	

22	léto	4,11	3,07	1,385	4,046	6	0,00	0,00	5,92	6,09	6,01	1,33	
		4,65	3,61	1,628	4,757	9	0,00	0,00	8,87	9,09	8,98	2,00	1,0
		2,27	1,23	0,555	1,621	6	0,00	0,00	5,91	6,09	6,00	1,33	
		1,64	0,60	0,271	0,791	3	0,00	0,00	2,91	3,04	2,98	0,66	
	na ose	1,29	0,25	0,113	0,329	0	0,03	0,00	0,00	0,00	-0,02	0,00	1,4
	od zášpy zima	1,12	0,08	0,036	0,105	3	2,96	3,05	0,00	0,00	-3,01	-0,67	
		1,05	0,01	0,005	0,013	6	5,72	6,40	0,00	0,00	-6,06	-1,35	
		1,05	0,01	0,005	0,013	9	8,83	9,06	0,00	0,00	-8,95	-1,99	1,9
		1,28	0,24	0,108	0,316	6	5,84	6,12	0,00	0,00	-5,98	-1,33	
	na ose	1,72	0,68	0,307	0,896	3	2,99	2,97	0,00	0,00	-2,98	-0,66	
2,32	1,28	0,577	1,687	0	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00	1,5	
proti zášpy léto	3,02	1,98	0,893	2,609	3	0,00	0,00	2,99	3,06	3,03	0,67		
	3,90	2,86	1,290	3,769	6	0,00	0,00	5,95	6,05	6,00	1,33		
	4,69	3,65	1,646	4,810	9	0,00	0,00	9,04	9,03	9,04	2,01	1,2	
	2,35	1,31	0,591	1,726	6	0,00	0,00	5,95	6,06	6,01	1,33		
na ose	1,69	0,65	0,293	0,857	3	0,00	0,00	2,85	3,00	2,93	0,65		
1,34	0,30	0,135	0,395	0	0,05	0,03	0,00	0,00	-0,04	-0,01	1,5		
23	od zášpy zima	1,14	0,10	0,045	0,132	3	2,86	3,15	0,00	0,00	-3,01	-0,67	
		1,07	0,03	0,014	0,040	6	5,79	6,28	0,00	0,00	-6,04	-1,34	
		1,02	-0,02	-0,009	-0,026	9	8,82	9,33	0,00	0,00	-9,08	-2,02	2,1
		1,30	0,26	0,117	0,343	6	5,86	6,28	0,00	0,00	-6,07	-1,35	
	na ose	1,68	0,64	0,289	0,843	3	2,85	3,13	0,00	0,00	-2,99	-0,66	
	2,23	1,19	0,537	1,568	0	0,00	0,00	0,04	0,01	0,03	0,01	1,9	
	proti zášpy léto	2,91	1,87	0,843	2,464	3	0,00	0,00	3,05	3,01	3,03	0,67	
		3,83	2,79	1,258	3,677	6	0,00	0,00	6,06	6,06	6,06	1,35	
		4,68	3,64	1,642	4,797	9	0,00	0,00	9,00	9,01	9,01	2,00	1,3
		2,41	1,37	0,618	1,805	6	0,00	0,00	5,95	6,01	5,98	1,33	
na ose	1,78	0,74	0,334	0,975	3	0,00	0,00	3,00	3,01	3,01	0,67		
1,38	0,34	0,153	0,448	0	0,00	0,04	0,00	0,00	-0,02	0,00	1,7		
24	od zášpy zima	1,16	0,12	0,054	0,158	3	2,80	3,20	0,00	0,00	-3,00	-0,67	
		1,08	0,04	0,018	0,053	6	5,83	6,27	0,00	0,00	-6,05	-1,34	
		1,04	0,00	0,000	0,000	9	8,78	9,25	0,00	0,00	-9,02	-2,00	2,1
		1,24	0,20	0,090	0,264	6	5,97	6,20	0,00	0,00	-6,09	-1,35	
	na ose	1,69	0,65	0,293	0,857	3	2,93	3,05	0,00	0,00	-2,99	-0,66	
	2,27	1,23	0,555	1,621	0	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,00	2,0	
	proti zášpy léto	2,98	1,94	0,875	2,557	3	0,00	0,00	3,05	3,02	3,04	0,67	
		3,82	2,78	1,254	3,664	6	0,00	0,00	6,03	5,96	6,00	1,33	
		4,74	3,70	1,669	4,876	9	0,00	0,00	9,08	9,02	9,05	2,01	1,6
		2,32	1,28	0,577	1,687	6	0,00	0,00	5,99	6,01	6,00	1,33	
na ose	1,74	0,70	0,316	0,922	3	0,00	0,00	2,98	3,02	3,00	0,67		
1,38	0,34	0,153	0,448	0	0,00	0,01	0,00	0,00	-0,01	0,00	1,9		
25	od zášpy zima	1,16	0,12	0,054	0,158	3	2,94	3,14	0,00	0,00	-3,04	-0,68	
		1,06	0,02	0,009	0,026	6	5,80	6,40	0,00	0,00	-6,10	-1,36	
		1,04	0,00	0,000	0,000	9	8,74	9,17	0,00	0,00	-8,96	-1,99	2,2
		1,37	0,33	0,149	0,435	6	5,86	6,10	0,00	0,00	-5,98	-1,33	
	na ose	1,71	0,67	0,302	0,883	3	2,87	3,02	0,00	0,00	-2,95	-0,65	
	2,25	1,21	0,546	1,595	0	0,00	0,00	0,01	0,02	0,02	0,00	2,0	
	proti zášpy léto	2,99	1,95	0,879	2,570	3	0,00	0,00	3,02	3,04	3,03	0,67	
		3,89	2,85	1,285	3,756	6	0,00	0,00	6,00	6,04	6,02	1,34	
		4,75	3,71	1,673	4,889	9	0,00	0,00	9,02	9,08	9,05	2,01	1,7
		2,42	1,38	0,622	1,819	6	0,00	0,00	5,97	6,01	5,99	1,33	
na ose	1,75	0,71	0,320	0,936	3	0,00	0,00	3,06	2,94	3,00	0,67		
1,38	0,34	0,153	0,448	0	0,00	0,02	0,00	0,00	-0,01	0,00	2,0		
26	od zášpy zima	1,14	0,10	0,045	0,132	3	2,88	3,10	0,00	0,00	-2,99	-0,66	
		1,08	0,04	0,018	0,053	6	5,85	6,07	0,00	0,00	-5,96	-1,32	
		1,07	0,03	0,014	0,040	9	8,80	9,25	0,00	0,00	-9,03	-2,01	2,3
		1,26	0,22	0,099	0,290	6	5,95	6,05	0,00	0,00	-6,00	-1,33	
	na ose	1,66	0,62	0,280	0,817	3	2,89	3,09	0,00	0,00	-2,99	-0,66	
	2,20	1,16	0,523	1,529	0	0,00	0,00	0,08	0,00	0,04	0,01	2,1	
	proti zášpy léto	2,91	1,87	0,843	2,464	3	0,00	0,00	3,03	3,00	3,02	0,67	
		3,81	2,77	1,249	3,650	6	0,00	0,00	5,99	6,01	6,00	1,33	
		4,71	3,67	1,655	4,836	9	0,00	0,00	8,89	9,04	8,97	1,99	1,8
		2,42	1,38	0,622	1,819	6	0,00	0,00	5,99	5,99	5,99	1,33	
na ose	1,70	0,66	0,298	0,870	3	0,00	0,00	3,02	2,95	2,99	0,66		
1,39	0,35	0,158	0,461	0	0,00	0,01	0,02	0,00	0,01	0,00	2,1		
27	od zášpy zima	1,18	0,14	0,063	0,184	3	2,86	3,13	0,00	0,00	-3,00	-0,67	
		1,06	0,02	0,009	0,026	6	5,95	6,08	0,00	0,00	-6,02	-1,34	
		1,07	0,03	0,014	0,040	9	8,79	9,20	0,00	0,00	-9,00	-2,00	2,4
		1,28	0,24	0,108	0,316	6	5,97	6,10	0,00	0,00	-6,04	-1,34	
	na ose	1,67	0,63	0,284	0,830	3	2,87	3,10	0,00	0,00	-2,99	-0,66	
	2,22	1,18	0,532	1,555	0	0,00	0,00	0,10	0,00	0,05	0,01	2,2	
	proti zášpy léto	2,91	1,87	0,843	2,464	3	0,00	0,00	3,15	3,02	3,09	0,69	
		3,78	2,74	1,236	3,611	6	0,00	0,00	5,98	6,01	6,00	1,33	
		4,71	3,67	1,655	4,836	9	0,00	0,00	8,98	9,02	9,00	2,00	1,9
		2,48	1,44	0,649	1,898	6	0,00	0,00	5,94	6,02	5,98	1,33	
na ose	1,70	0,66	0,298	0,870	3	0,00	0,00	3,05	2,93	2,99	0,66		
1,36	0,32	0,144	0,422	0	0,00	0,03	0,00	0,00	-0,02	0,00	2,2		
28	od zášpy zima	1,16	0,12	0,054	0,158	3	2,80	3,06	0,00	0,00	-2,93	-0,65	
		1,08	0,04	0,018	0,053	6	5,87	6,11	0,00	0,00	-5,99	-1,33	
		1,04	0,00	0,000	0,000	9	8,89	9,21	0,00	0,00	-9,05	-2,01	2,6
		1,26	0,22	0,099	0,290	6	5,90	6,04	0,00	0,00	-5,97	-1,33	
	na ose	1,62	0,58	0,262	0,764	3	2,97	3,01	0,00	0,00	-2,99	-0,66	
	2,21	1,17	0,528	1,542	0	0,00	0,00	0,08	0,00	0,04	0,01	2,3	
	proti zášpy léto	2,91	1,87	0,843	2,464	3	0,00	0,00	3,10	3,00	3,05	0,68	
		3,77	2,73	1,231	3,598	6	0,00	0,00	6,04	6,02	6,03	1,34	
		4,72	3,68	1,660	4,850	9	0,00	0,00	9,04	9,07	9,06	2,01	2,0
		2,49	1,45	0,654	1,911	6	0,00	0,00	5,94	6,03	5,99	1,33	
na ose	1,72	0,68	0,307	0,896	3	0,00	0,00	3,06	2,91	2,99	0,66		
1,40	0,36	0,162	0,474	0	0,00	0,01	0,00	0,00	-0,01	0,00	2,5		

29	od zášypu zima	1,19	0,15	0,068	0,198	3	2,89	3,07	0,00	0,00	-2,98	-0,66		
		1,06	0,02	0,009	0,026	6	5,93	6,01	0,00	0,00	-5,97	-1,33		
		1,05	0,01	0,005	0,013	9	8,91	9,15	0,00	0,00	-9,03	-2,01	2,7	
		1,26	0,22	0,099	0,290	6	5,94	6,03	0,00	0,00	-5,99	-1,33		
	1,64	0,60	0,271	0,791	3	2,96	2,95	0,00	0,00	-2,96	-0,66			
	na ose	2,19	1,15	0,519	1,515	0	0,00	0,00	0,02	0,00	0,01	0,00	2,5	
	proti zášypu léto	2,90	1,86	0,839	2,451	3	0,00	0,00	3,01	2,99	3,00	0,67		
		3,78	2,74	1,236	3,611	6	0,00	0,00	6,05	6,11	6,08	1,35		
		4,72	3,68	1,660	4,850	9	0,00	0,00	8,88	9,07	8,98	1,99	2,1	
		2,79	1,75	0,789	2,306	6	0,00	0,00	5,95	6,01	5,98	1,33		
		1,72	0,68	0,307	0,896	3	0,00	0,00	3,02	2,96	2,99	0,66		
		na ose	1,38	0,34	0,153	0,448	0	0,00	0,01	0,00	0,00	-0,01	0,00	2,5
	30	od zášypu zima	1,15	0,11	0,050	0,145	3	2,91	3,09	0,00	0,00	-3,00	-0,67	
			1,02	-0,02	-0,009	-0,026	6	5,80	6,10	0,00	0,00	-5,95	-1,32	
1,00			-0,04	-0,018	-0,053	9	8,88	9,21	0,00	0,00	-9,05	-2,01	2,8	
1,35			0,31	0,140	0,409	6	5,94	6,05	0,00	0,00	-6,00	-1,33		
1,65		0,61	0,275	0,804	3	2,85	3,11	0,00	0,00	-2,98	-0,66			
na ose		2,13	1,09	0,492	1,436	0	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00	2,6	
proti zášypu léto		2,82	1,78	0,803	2,346	3	0,00	0,00	3,07	2,99	3,03	0,67		
		3,70	2,66	1,200	3,505	6	0,00	0,00	5,98	6,06	6,02	1,34		
		4,60	3,56	1,606	4,691	9	0,00	0,00	8,93	9,06	9,00	2,00	2,2	
		2,69	1,65	0,744	2,174	6	0,00	0,00	6,06	5,95	6,01	1,33		
		1,75	0,71	0,320	0,936	3	0,00	0,00	2,98	2,94	2,96	0,66		
		na ose	1,39	0,35	0,158	0,461	0	0,00	0,01	0,00	0,00	-0,01	0,00	2,6

MODEL (2) – vyztužený zášyp, výtžt nespojená s opěrou														
Počáteční čtení dynamometru pro F = 0					1,04	Maximální odpovídající deformace opěry d [mm]					3; 6; 9			
Počet cyklů = počet let	Směr deformace	Síla na opěru			Součinitel zemního tláku	Posun opěry	Posun opěry čtení budíků				Reálný posun opěry	Reálný posun opěry d/H	Sednutí zášypu 5 cm za opěrou	
		Relativní deformace	Skutečná deformace	Přepočtená síla			1	2	3	4				d
N		[mm]	ε [mm]	F [kN]	K [-]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[%]	S [mm]	
1	na ose	1,40	0,36	0,162	0,474	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,00	0,00	0,0	
	od zášypu zima	1,09	0,05	0,023	0,066	1	1,0	1,0	0,0	0,0	-1,01	-0,22		
		1,08	0,04	0,018	0,053	2	1,9	2,1	0,0	0,0	-2,01	-0,45		
		1,09	0,05	0,023	0,066	3	3,0	3,0	0,0	0,0	-2,99	-0,66	0,1	
		1,14	0,10	0,045	0,132	2	1,9	2,0	0,0	0,0	-1,97	-0,44		
		1,59	0,55	0,248	0,725	1	1,0	1,0	0,0	0,0	-1,00	-0,22		
	na ose	1,93	0,89	0,401	1,173	0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,08	0,02	0,0	
	proti zášypu léto	2,08	1,04	0,469	1,371	1	0,0	0,0	1,1	1,0	1,05	0,23		
		2,46	1,42	0,640	1,871	2	0,0	0,0	2,0	2,0	2,01	0,45		
		2,55	1,51	0,681	1,990	3	0,0	0,0	3,2	2,9	3,08	0,68	-0,1	
		1,73	0,69	0,311	0,909	2	0,0	0,0	2,1	1,9	2,02	0,45		
		1,48	0,44	0,198	0,580	1	0,0	0,0	1,1	0,9	0,99	0,22		
	na ose	1,23	0,19	0,086	0,250	0	0,0	0,1	0,1	0,0	0,00	0,00	0,1	
	2	od zášypu zima	1,10	0,06	0,027	0,079	1	0,9	1,0	0,0	0,0	-0,98	-0,22	
1,08			0,04	0,018	0,053	2	1,9	2,0	0,0	0,0	-1,98	-0,44		
1,07			0,03	0,014	0,040	3	3,1	3,0	0,0	0,0	-3,06	-0,68	0,3	
1,14			0,10	0,045	0,132	2	1,9	2,0	0,0	0,0	-1,98	-0,44		
1,47			0,43	0,194	0,567	1	1,0	0,9	0,0	0,0	-0,98	-0,22		
na ose		1,76	0,72	0,325	0,949	0	0,0	0,1	0,1	0,0	-0,02	0,00	0,2	
proti zášypu léto		1,98	0,94	0,424	1,239	1	0,0	0,0	0,1	0,1	0,07	0,01		
		2,47	1,43	0,645	1,884	2	0,0	0,0	2,0	2,0	2,02	0,45		
		2,60	1,56	0,704	2,056	3	0,0	0,0	3,2	2,9	3,05	0,68	0,1	
		1,80	0,76	0,343	1,002	2	0,0	0,0	2,1	2,0	2,04	0,45		
		1,49	0,45	0,203	0,593	1	0,0	0,0	1,1	0,9	0,99	0,22		
na ose		1,26	0,22	0,099	0,290	0	0,0	0,1	0,1	0,0	0,01	0,00	0,3	
3		od zášypu zima	1,12	0,08	0,036	0,105	1	1,0	1,1	0,0	0,0	-1,02	-0,23	
			1,06	0,02	0,009	0,026	2	2,0	2,1	0,0	0,0	-2,01	-0,45	
	1,03		-0,01	-0,005	-0,013	3	3,0	3,1	0,0	0,0	-3,02	-0,67	0,4	
	1,23		0,19	0,086	0,250	2	2,0	2,0	0,0	0,0	-1,97	-0,44		
	1,48		0,44	0,198	0,580	1	1,0	1,0	0,0	0,0	-0,96	-0,21		
	na ose	1,78	0,74	0,334	0,975	0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,08	0,02	0,3	
	proti zášypu léto	2,05	1,01	0,456	1,331	1	0,0	0,0	1,0	1,0	1,01	0,22		
		2,50	1,46	0,658	1,924	2	0,0	0,0	2,1	2,0	2,03	0,45		
		2,71	1,67	0,753	2,201	3	0,0	0,0	3,2	3,0	3,10	0,69	0,2	
		1,95	0,91	0,410	1,199	2	0,0	0,0	2,1	2,0	2,05	0,45		
		1,48	0,44	0,198	0,580	1	0,0	0,0	1,1	0,9	1,00	0,22		
	na ose	1,32	0,28	0,126	0,369	0	0,0	0,0	0,0	0,0	-0,01	0,00	0,4	
	4	od zášypu zima	1,26	0,22	0,099	0,290	1	1,0	1,2	0,0	0,0	-1,10	-0,24	
			1,10	0,06	0,027	0,079	2	1,9	2,2	0,0	0,0	-2,02	-0,45	
1,07			0,03	0,014	0,040	3	2,9	3,1	0,0	0,0	-2,98	-0,66	0,5	
1,23			0,19	0,086	0,250	2	1,9	2,1	0,0	0,0	-2,01	-0,45		
1,47			0,43	0,194	0,567	1	1,0	1,1	0,0	0,0	-1,04	-0,23		
na ose		1,81	0,77	0,347	1,015	0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,04	0,01	0,4	
proti zášypu léto		2,10	1,06	0,478	1,397	1	0,0	0,0	1,1	0,9	1,04	0,23		
		2,37	1,33	0,600	1,753	2	0,0	0,0	2,2	1,9	2,05	0,45		
		2,69	1,65	0,744	2,174	3	0,0	0,0	3,1	3,0	3,06	0,68	0,3	
		1,87	0,83	0,374	1,094	2	0,0	0,0	2,1	1,9	1,99	0,44		
		1,47	0,43	0,194	0,567	1	0,0	0,0	1,0	0,9	0,97	0,21		
na ose		1,27	0,23	0,104	0,303	0	0,0	0,1	0,1	0,0	-0,01	0,00	0,4	
5		od zášypu zima	1,15	0,11	0,050	0,145	1	1,0	1,1	0,0	0,0	-1,02	-0,23	
			1,07	0,03	0,014	0,040	2	2,0	2,1	0,0	0,0	-2,06	-0,46	
	1,04		0,00	0,000	0,000	3	3,0	3,0	0,0	0,0	-3,01	-0,67	0,5	
	1,22		0,18	0,081	0,237	2	2,0	2,0	0,0	0,0	-1,98	-0,44		
	1,48		0,44	0,198	0,580	1	0,9	1,0	0,0	0,0	-0,96	-0,21		
	na ose	1,76	0,72	0,325	0,949	0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,06	0,01	0,5	
	proti zášypu léto	2,07	1,03	0,465	1,357	1	0,0	0,0	1,0	1,2	1,11	0,25		
		2,33	1,29	0,582	1,700	2	0,0	0,0	2,1	2,0	2,04	0,45		
		2,78	1,74	0,785	2,293	3	0,0	0,0	3,1	3,0	3,05	0,68	0,4	
		1,92	0,88	0,397	1,160	2	0,0	0,0	2,1	1,9	2,01	0,45		
		1,50	0,46	0,207	0,606	1	0,0	0,0	1,0	1,0	1,01	0,22		
	na ose	1,27	0,23	0,104	0,303	0	0,0	0,1	0,1	0,0	0,00	0,00	0,5	
	6	od zášypu zima	1,12	0,08	0,036	0,105	1	1,0	1,1	0,0	0,0	-1,03	-0,23	
			1,04	0,00	0,000	0,000	2	1,9	2,1	0,0	0,0	-2,01	-0,45	
1,02			-0,02	-0,009	-0,026	3	3,0	3,0	0,0	0,0	-3,01	-0,67	0,6	
1,20			0,16	0,072	0,211	2	2,0	2,0	0,0	0,0	-1,99	-0,44		
1,48			0,44	0,198	0,580	1	1,0	0,9	0,0	0,0	-0,94	-0,21		
na ose		1,82	0,78	0,352	1,028	0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,08	0,02	0,5	
proti zášypu léto		1,98	0,94	0,424	1,239	1	0,0	0,0	1,1	0,9	0,99	0,22		
		2,39	1,35	0,609	1,779	2	0,0	0,0	2,0	2,0	2,03	0,45		
		2,79	1,75	0,789	2,306	3	0,0	0,0	3,2	2,9	3,07	0,68	0,5	
		1,96	0,92	0,415	1,212	2	0,0	0,0	2,1	2,0	2,04	0,45		
		1,61	0,57	0,257	0,751	1	0,0	0,0	1,1	0,9	1,02	0,23		
na ose		1,31	0,27	0,122	0,356	0	0,0	0,1	0,1	0,0	0,01	0,00	0,5	
7		od zášypu zima	1,20	0,16	0,072	0,211	1	1,0	1,0	0,0	0,0	-1,01	-0,22	
			1,10	0,06	0,027	0,079	2	2,0	2,0	0,0	0,0	-2,01	-0,45	
	1,04		0,00	0,000	0,000	3	3,0	3,0	0,0	0,0	-3,00	-0,67	0,6	
	1,23		0,19	0,086	0,250	2	2,0	2,1	0,0	0,0	-2,00	-0,44		
	1,36		0,32	0,144	0,422	1	0,9	1,1	0,0	0,0	-0,99	-0,22		
	na ose	1,79	0,75	0,338	0,988	0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,09	0,02	0,6	
	proti zášypu	1,97	0,93	0,419	1,226	1	0,0	0,0	1,1	0,9	1,04	0,23		

8	léto	2,35	1,31	0,591	1,726	2	0,0	0,0	2,0	2,0	2,01	0,45	
		2,70	1,66	0,749	2,188	3	0,0	0,0	3,2	3,0	3,07	0,68	0,5
		1,92	0,88	0,397	1,160	2	0,0	0,0	2,0	2,0	2,01	0,45	
		1,60	0,56	0,253	0,738	1	0,0	0,0	1,1	1,0	1,03	0,23	
	na ose	1,32	0,28	0,126	0,369	0	0,0	0,1	0,1	0,0	-0,02	0,00	0,6
		1,20	0,16	0,072	0,211	1	1,0	1,1	0,0	0,0	-1,03	-0,23	
	od zásyvu zima	1,12	0,08	0,036	0,105	2	2,0	2,1	0,0	0,0	-2,05	-0,45	
		1,05	0,01	0,005	0,013	3	3,0	3,0	0,0	0,0	-3,00	-0,67	0,6
		1,15	0,11	0,050	0,145	2	1,9	2,0	0,0	0,0	-1,98	-0,44	
		1,31	0,27	0,122	0,356	1	0,9	1,2	0,0	0,0	-1,05	-0,23	
1,72		0,68	0,307	0,896	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,02	0,00	0,6	
1,97		0,93	0,419	1,226	1	0,0	0,0	1,2	0,9	1,02	0,23		
proti zásyvu léto	2,27	1,23	0,555	1,621	2	0,0	0,0	2,2	1,9	2,03	0,45		
	2,84	1,80	0,812	2,372	3	0,0	0,0	3,0	3,0	3,02	0,67	0,5	
	1,90	0,86	0,388	1,133	2	0,0	0,0	2,1	1,9	2,00	0,44		
	1,60	0,56	0,253	0,738	1	0,0	0,0	1,0	1,0	1,00	0,22		
na ose	1,28	0,24	0,108	0,316	0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,02	0,00	0,6	
9	od zásyvu zima	1,21	0,17	0,077	0,224	1	1,0	1,1	0,0	0,0	-1,05	-0,23	
		1,12	0,08	0,036	0,105	2	2,0	2,0	0,0	0,0	-1,99	-0,44	
		1,05	0,01	0,005	0,013	3	3,1	2,9	0,0	0,0	-3,01	-0,67	0,7
		1,11	0,07	0,032	0,092	2	1,9	2,2	0,0	0,0	-2,07	-0,46	
	1,45	0,41	0,185	0,540	1	1,0	0,9	0,0	0,0	-0,98	-0,22		
	1,82	0,78	0,352	1,028	0	0,0	0,1	0,2	0,0	0,06	0,01	0,7	
	proti zásyvu léto	1,91	0,87	0,392	1,146	1	0,0	0,0	1,1	0,9	0,99	0,22	
		2,44	1,40	0,631	1,845	2	0,0	0,0	2,0	2,1	2,04	0,45	
		2,83	1,79	0,807	2,359	3	0,0	0,0	2,9	3,2	3,06	0,68	0,6
		1,75	0,71	0,320	0,936	2	0,0	0,0	2,1	2,0	2,02	0,45	
1,65		0,61	0,275	0,804	1	0,0	0,0	1,2	1,0	1,08	0,24		
1,32		0,28	0,126	0,369	0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,02	0,00	0,7	
10	od zásyvu zima	1,19	0,15	0,068	0,198	1	1,0	1,0	0,0	0,0	-1,02	-0,23	
		1,07	0,03	0,014	0,040	2	2,0	2,1	0,0	0,0	-2,05	-0,46	
		1,06	0,02	0,009	0,026	3	2,9	3,0	0,0	0,0	-2,97	-0,66	0,8
		1,14	0,10	0,045	0,132	2	1,9	2,1	0,0	0,0	-2,01	-0,45	
	1,46	0,42	0,189	0,553	1	1,0	1,0	0,0	0,0	-0,98	-0,22		
	1,76	0,72	0,325	0,949	0	0,0	0,1	0,1	0,0	-0,01	0,00	0,7	
	proti zásyvu léto	1,96	0,92	0,415	1,212	1	0,0	0,0	1,1	1,0	1,05	0,23	
		2,50	1,46	0,658	1,924	2	0,0	0,0	2,1	2,0	2,02	0,45	
		2,70	1,66	0,749	2,188	3	0,0	0,0	3,2	2,9	3,07	0,68	0,6
		1,86	0,82	0,370	1,081	2	0,0	0,0	2,1	2,0	2,03	0,45	
1,53		0,49	0,221	0,646	1	0,0	0,0	1,1	0,9	1,01	0,22		
1,30		0,26	0,117	0,343	0	0,0	0,1	0,1	0,0	0,02	0,00	0,7	
11	od zásyvu zima	1,09	0,05	0,023	0,066	2	1,9	2,1	0,0	0,0	-2,01	-0,45	
		1,03	-0,01	-0,005	-0,013	4	4,1	4,0	0,0	0,0	-4,02	-0,89	
		1,03	-0,01	-0,005	-0,013	6	5,9	6,1	0,0	0,0	-6,01	-1,34	0,9
		1,13	0,09	0,041	0,119	4	3,9	4,1	0,0	0,0	-3,98	-0,88	
	1,63	0,59	0,266	0,778	2	1,9	2,2	0,0	0,0	-2,03	-0,45		
	2,25	1,21	0,546	1,595	0	0,0	0,2	0,1	0,0	-0,04	-0,01	0,9	
	proti zásyvu léto	2,85	1,81	0,816	2,385	2	0,0	0,0	2,1	1,9	2,03	0,45	
		3,07	2,03	0,916	2,675	4	0,0	0,0	4,2	3,8	3,99	0,89	
		3,56	2,52	1,137	3,321	6	0,0	0,0	6,1	6,0	6,06	1,35	0,6
		2,15	1,11	0,501	1,463	4	0,0	0,0	4,1	4,0	4,05	0,90	
1,68		0,64	0,289	0,843	2	0,0	0,0	2,1	2,0	2,05	0,46		
1,34		0,30	0,135	0,395	0	0,0	0,1	0,1	0,0	0,03	0,01	0,8	
12	od zásyvu zima	1,17	0,13	0,059	0,171	2	1,9	2,1	0,0	0,0	-1,98	-0,44	
		1,04	0,00	0,000	0,000	4	4,0	3,9	0,0	0,0	-3,99	-0,89	
		1,05	0,01	0,005	0,013	6	5,9	6,1	0,0	0,0	-6,00	-1,33	0,9
		1,33	0,29	0,131	0,382	4	3,9	4,0	0,0	0,0	-3,94	-0,87	
	1,73	0,69	0,311	0,909	2	1,9	2,3	0,0	0,0	-2,07	-0,46		
	2,27	1,23	0,555	1,621	0	0,0	0,2	0,1	0,0	-0,01	0,00	0,9	
	proti zásyvu léto	2,45	1,41	0,636	1,858	2	0,0	0,0	1,9	2,3	2,09	0,46	
		3,13	2,09	0,943	2,754	4	0,0	0,0	4,3	3,8	4,03	0,89	
		3,69	2,65	1,195	3,492	6	0,0	0,0	6,1	6,0	6,02	1,34	0,8
		2,36	1,32	0,595	1,740	4	0,0	0,0	4,1	3,9	4,00	0,89	
1,72		0,68	0,307	0,896	2	0,0	0,0	2,1	2,0	2,01	0,45		
1,37		0,33	0,149	0,435	0	0,0	0,1	0,1	0,0	0,02	0,00	1,0	
13	od zásyvu zima	1,17	0,13	0,059	0,171	2	1,9	2,1	0,0	0,0	-2,00	-0,44	
		1,09	0,05	0,023	0,066	4	3,8	4,1	0,0	0,0	-3,95	-0,88	
		1,03	-0,01	-0,005	-0,013	6	6,0	6,1	0,0	0,0	-6,04	-1,34	1,1
		1,24	0,20	0,090	0,264	4	3,8	4,2	0,0	0,0	-4,02	-0,89	
	1,69	0,65	0,293	0,857	2	1,9	2,1	0,0	0,0	-2,01	-0,45		
	2,07	1,03	0,465	1,357	0	0,0	0,1	0,1	0,0	0,01	0,00	1,0	
	proti zásyvu léto	2,63	1,59	0,717	2,095	2	0,0	0,0	2,1	1,9	2,01	0,45	
		2,86	1,82	0,821	2,398	4	0,0	0,0	4,3	3,8	4,05	0,90	
		3,62	2,58	1,164	3,400	6	0,0	0,0	6,3	5,9	6,12	1,36	0,8
		2,20	1,16	0,523	1,529	4	0,0	0,0	4,1	3,9	3,99	0,89	
1,70		0,66	0,298	0,870	2	0,0	0,0	2,1	2,0	2,04	0,45		
1,44		0,40	0,180	0,527	0	0,0	0,1	0,0	0,0	-0,07	-0,01	1,1	
14	od zásyvu zima	1,25	0,21	0,095	0,277	2	1,9	2,0	0,0	0,0	-1,96	-0,44	
		1,03	-0,01	-0,005	-0,013	4	4,1	4,0	0,0	0,0	-4,06	-0,90	
		1,07	0,03	0,014	0,040	6	5,8	6,2	0,0	0,0	-6,00	-1,33	1,3
		1,36	0,32	0,144	0,422	4	3,9	4,1	0,0	0,0	-3,98	-0,88	
	1,64	0,60	0,271	0,791	2	1,9	2,2	0,0	0,0	-2,02	-0,45		
	2,16	1,12	0,505	1,476	0	0,0	0,2	0,2	0,0	0,03	0,01	1,2	
	proti zásyvu léto	2,52	1,48	0,667	1,950	2	0,0	0,0	1,9	2,1	2,03	0,45	
		3,01	1,97	0,888	2,596	4	0,0	0,0	4,2	4,1	4,14	0,92	
		3,51	2,47	1,114	3,255	6	0,0	0,0	5,9	6,2	6,05	1,34	1,1
		2,09	1,05	0,474	1,384	4	0,0	0,0	3,8	4,2	4,02	0,89	
1,65		0,61	0,275	0,804	2	0,0	0,0	2,2	1,9	2,03	0,45		

15	na ose	1,39	0,35	0,158	0,461	0	0,0	0,1	0,2	0,0	0,05	0,01	1,2
	od zášypu zima	1,20	0,16	0,072	0,211	2	1,9	2,2	0,0	0,0	-2,04	-0,45	
		1,10	0,06	0,027	0,079	4	3,9	4,1	0,0	0,0	-3,97	-0,88	
		1,06	0,02	0,009	0,026	6	6,0	6,1	0,0	0,0	-6,02	-1,34	1,5
		1,34	0,30	0,135	0,395	4	4,0	3,9	0,0	0,0	-3,96	-0,88	
	na ose	1,75	0,71	0,320	0,936	2	1,8	2,1	0,0	0,0	-1,97	-0,44	
		2,22	1,18	0,532	1,555	0	0,0	0,0	0,3	0,0	0,13	0,03	1,3
		2,72	1,68	0,758	2,214	2	0,0	0,0	2,3	2,0	2,13	0,47	
		3,15	2,11	0,952	2,781	4	0,0	0,0	4,2	3,8	4,01	0,89	
	proti zášypu léto	3,77	2,73	1,231	3,598	6	0,0	0,0	6,2	6,0	6,09	1,35	1,3
		2,41	1,37	0,618	1,805	4	0,0	0,0	4,1	3,9	3,97	0,88	
		1,80	0,76	0,343	1,002	2	0,0	0,0	2,1	1,9	1,99	0,44	
1,47		0,43	0,194	0,567	0	0,0	0,1	0,1	0,0	-0,04	-0,01	1,3	
16	od zášypu zima	1,21	0,17	0,077	0,224	2	1,9	2,1	0,0	0,0	-2,01	-0,45	
		1,03	-0,01	-0,005	-0,013	4	4,0	4,1	0,0	0,0	-4,03	-0,90	
		1,06	0,02	0,009	0,026	6	5,8	6,1	0,0	0,0	-5,98	-1,33	1,7
		1,45	0,41	0,185	0,540	4	3,9	4,0	0,0	0,0	-3,96	-0,88	
	na ose	1,74	0,70	0,316	0,922	2	1,8	2,2	0,0	0,0	-1,98	-0,44	
		2,16	1,12	0,505	1,476	0	0,0	0,1	0,3	0,0	0,09	0,02	1,5
		2,75	1,71	0,771	2,253	2	0,0	0,0	2,3	2,0	2,16	0,48	
		3,07	2,03	0,916	2,675	4	0,0	0,0	4,3	3,9	4,10	0,91	
	proti zášypu léto	3,78	2,74	1,236	3,611	6	0,0	0,0	6,3	5,9	6,10	1,35	1,2
		2,35	1,31	0,591	1,726	4	0,0	0,0	4,2	3,8	4,01	0,89	
		1,85	0,81	0,365	1,067	2	0,0	0,0	2,3	1,9	2,08	0,46	
		1,52	0,48	0,216	0,633	0	0,0	0,2	0,1	0,0	-0,03	-0,01	1,5
17	od zášypu zima	1,29	0,25	0,113	0,329	2	1,9	2,2	0,0	0,0	-2,05	-0,45	
		1,07	0,03	0,014	0,040	4	4,0	4,0	0,0	0,0	-4,00	-0,89	
		1,02	-0,02	-0,009	-0,026	6	5,9	6,2	0,0	0,0	-6,06	-1,35	1,8
		1,35	0,31	0,140	0,409	4	3,9	4,1	0,0	0,0	-3,99	-0,89	
	na ose	1,61	0,57	0,257	0,751	2	1,9	2,2	0,0	0,0	-2,04	-0,45	
		2,11	1,07	0,483	1,410	0	0,0	0,0	0,3	0,0	0,16	0,03	1,6
		2,49	1,45	0,654	1,911	2	0,0	0,0	2,3	1,8	2,05	0,45	
		2,70	1,66	0,749	2,188	4	0,0	0,0	4,2	3,8	3,95	0,88	
	proti zášypu léto	3,27	2,23	1,006	2,939	6	0,0	0,0	6,2	5,7	5,94	1,32	1,5
		2,37	1,33	0,600	1,753	4	0,0	0,0	4,2	3,9	4,04	0,90	
		1,85	0,81	0,365	1,067	2	0,0	0,0	2,3	1,8	2,04	0,45	
		1,50	0,46	0,207	0,606	0	0,0	0,2	0,1	0,0	-0,10	-0,02	1,6
18	od zášypu zima	1,21	0,17	0,077	0,224	2	1,9	2,1	0,0	0,0	-1,98	-0,44	
		1,09	0,05	0,023	0,066	4	4,1	3,9	0,0	0,0	-3,99	-0,89	
		1,01	-0,03	-0,014	-0,040	6	6,1	5,9	0,0	0,0	-6,01	-1,34	2,0
		1,40	0,36	0,162	0,474	4	3,9	4,1	0,0	0,0	-4,03	-0,89	
	na ose	1,69	0,65	0,293	0,857	2	2,0	2,1	0,0	0,0	-2,05	-0,46	
		2,15	1,11	0,501	1,463	0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,06	0,01	1,7
		2,52	1,48	0,667	1,950	2	0,0	0,0	2,3	1,9	2,09	0,46	
		2,72	1,68	0,758	2,214	4	0,0	0,0	4,2	3,9	4,04	0,90	
	proti zášypu léto	3,70	2,66	1,200	3,505	6	0,0	0,0	6,2	6,1	6,13	1,36	1,6
		2,16	1,12	0,505	1,476	4	0,0	0,0	4,1	3,9	4,01	0,89	
		1,76	0,72	0,325	0,949	2	0,0	0,0	2,1	1,9	2,01	0,45	
		1,47	0,43	0,194	0,567	0	0,0	0,1	0,2	0,0	0,04	0,01	1,7
19	od zášypu zima	1,24	0,20	0,090	0,264	2	2,0	2,0	0,0	0,0	-1,99	-0,44	
		1,05	0,01	0,005	0,013	4	4,0	4,1	0,0	0,0	-4,03	-0,89	
		1,07	0,03	0,014	0,040	6	6,0	6,2	0,0	0,0	-6,10	-1,35	2,1
		1,49	0,45	0,203	0,593	4	3,9	4,1	0,0	0,0	-3,99	-0,89	
	na ose	1,83	0,79	0,356	1,041	2	1,9	2,1	0,0	0,0	-2,01	-0,45	
		2,33	1,29	0,582	1,700	0	0,0	0,1	0,2	0,0	0,03	0,01	1,9
		2,70	1,66	0,749	2,188	2	0,0	0,0	2,2	2,1	2,13	0,47	
		3,07	2,03	0,916	2,675	4	0,0	0,0	4,1	3,8	3,95	0,88	
	proti zášypu léto	3,33	2,29	1,033	3,018	6	0,0	0,0	6,2	5,9	6,05	1,34	1,6
		2,35	1,31	0,591	1,726	4	0,0	0,0	4,1	3,9	4,02	0,89	
		1,80	0,76	0,343	1,002	2	0,0	0,0	2,1	1,9	1,99	0,44	
		1,50	0,46	0,207	0,606	0	0,0	0,1	0,1	0,0	-0,01	0,00	1,9
20	od zášypu zima	1,26	0,22	0,099	0,290	2	2,0	2,0	0,0	0,0	-2,00	-0,44	
		1,07	0,03	0,014	0,040	4	4,0	3,9	0,0	0,0	-3,95	-0,88	
		1,05	0,01	0,005	0,013	6	5,9	6,1	0,0	0,0	-5,98	-1,33	2,1
		1,18	0,14	0,063	0,184	4	4,0	4,0	0,0	0,0	-3,99	-0,89	
	na ose	1,73	0,69	0,311	0,909	2	2,0	2,0	0,0	0,0	-1,97	-0,44	
		2,22	1,18	0,532	1,555	0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,06	0,01	2,0
		2,83	1,79	0,807	2,359	2	0,0	0,0	2,2	1,9	2,03	0,45	
		3,21	2,17	0,979	2,860	4	0,0	0,0	4,2	4,0	4,11	0,91	
	proti zášypu léto	3,63	2,59	1,168	3,413	6	0,0	0,0	6,2	5,8	6,03	1,34	1,9
		2,22	1,18	0,532	1,555	4	0,0	0,0	4,2	3,9	4,04	0,90	
		1,85	0,81	0,365	1,067	2	0,0	0,0	2,1	1,8	1,96	0,43	
		1,50	0,46	0,207	0,606	0	0,0	0,0	0,0	0,0	-0,01	0,00	1,9
21	od zášypu zima	1,21	0,17	0,077	0,224	3	2,9	3,1	0,0	0,0	-2,98	-0,66	
		1,08	0,04	0,018	0,053	6	5,8	6,1	0,0	0,0	-5,98	-1,33	
		1,02	-0,02	-0,009	-0,026	9	8,8	9,1	0,0	0,0	-8,98	-1,99	2,5
		1,50	0,46	0,207	0,606	6	5,8	6,1	0,0	0,0	-5,97	-1,33	
	na ose	1,97	0,93	0,419	1,226	3	2,9	3,1	0,0	0,0	-3,00	-0,67	
		2,60	1,56	0,704	2,056	0	0,0	0,2	0,0	0,0	-0,10	-0,02	2,3
		3,26	2,22	1,001	2,926	3	0,0	0,0	3,1	3,1	3,08	0,68	
		3,63	2,59	1,168	3,413	6	0,0	0,0	6,1	6,0	6,04	1,34	
	proti zášypu léto	4,14	3,10	1,398	4,085	9	0,0	0,0	9,2	8,9	9,06	2,01	2,0
		2,89	1,85	0,834	2,438	6	0,0	0,0	6,2	5,9	6,02	1,34	
		2,06	1,02	0,460	1,344	3	0,0	0,0	3,3	2,9	3,06	0,68	
		1,57	0,53	0,239	0,698	0	0,0	0,1	0,1	0,0	0,00	0,00	2,2
od zášypu zima	1,15	0,11	0,050	0,145	3	2,9	3,2	0,0	0,0	-3,04	-0,68		
	1,08	0,04	0,018	0,053	6	5,9	6,2	0,0	0,0	-6,04	-1,34		
	1,01	-0,03	-0,014	-0,040	9	9,0	9,0	0,0	0,0	-9,00	-2,00	2,6	
	1,52	0,48	0,216	0,633	6	6,0	6,0	0,0	0,0	-6,00	-1,33		

	na ose	1,96	0,92	0,415	1,212	3	2,9	3,2	0,0	0,0	-3,00	-0,67		
		2,55	1,51	0,681	1,990	0	0,0	0,2	0,1	0,0	-0,03	-0,01	2,5	
	proti zášypu léto	3,17	2,13	0,961	2,807	3	0,0	0,0	3,2	2,9	3,07	0,68		
		3,88	2,84	1,281	3,743	6	0,0	0,0	6,2	5,8	6,00	1,33		
		4,46	3,42	1,542	4,507	9	0,0	0,0	9,3	8,9	9,10	2,02	2,3	
		2,52	1,48	0,667	1,950	6	0,0	0,0	6,2	5,8	6,00	1,33		
		2,09	1,05	0,474	1,384	3	0,0	0,0	4,3	3,9	4,06	0,90		
	na ose	1,56	0,52	0,235	0,685	0	0,1	0,1	0,0	0,0	-0,07	-0,02	2,5	
	23	od zášypu zima	1,26	0,22	0,099	0,290	3	3,0	3,0	0,0	0,0	-2,99	-0,66	
			1,05	0,01	0,005	0,013	6	5,9	6,1	0,0	0,0	-6,01	-1,33	
1,01			-0,03	-0,014	-0,040	9	8,9	9,2	0,0	0,0	-9,06	-2,01	2,7	
1,55			0,51	0,230	0,672	6	5,9	6,1	0,0	0,0	-5,97	-1,33		
1,92			0,88	0,397	1,160	3	2,9	3,1	0,0	0,0	-3,02	-0,67		
na ose		2,52	1,48	0,667	1,950	0	0,0	0,0	0,3	0,0	0,12	0,03	2,6	
proti zášypu léto		2,98	1,94	0,875	2,557	3	0,0	0,0	3,2	2,9	3,08	0,68		
		4,01	2,97	1,339	3,914	6	0,0	0,0	6,3	5,8	6,06	1,35		
		4,61	3,57	1,610	4,705	9	0,0	0,0	9,3	8,8	9,06	2,01	2,4	
		2,87	1,83	0,825	2,412	6	0,0	0,0	6,2	5,9	6,06	1,35		
	2,05	1,01	0,456	1,331	3	0,0	0,0	3,1	3,0	3,03	0,67			
na ose	1,59	0,55	0,248	0,725	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,03	0,01	2,6		
24	od zášypu zima	1,30	0,26	0,117	0,343	3	2,9	3,1	0,0	0,0	-2,98	-0,66		
		1,07	0,03	0,014	0,040	6	6,0	6,1	0,0	0,0	-6,05	-1,34		
		0,98	-0,06	-0,027	-0,079	9	9,3	9,0	0,0	0,0	-9,10	-2,02	2,8	
		1,49	0,45	0,203	0,593	6	6,0	5,9	0,0	0,0	-5,96	-1,32		
		1,94	0,90	0,406	1,186	3	3,1	3,0	0,0	0,0	-3,03	-0,67		
	na ose	2,64	1,60	0,722	2,109	0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,08	0,02	2,7	
	proti zášypu léto	3,31	2,27	1,024	2,991	3	0,0	0,0	3,2	2,9	3,06	0,68		
		3,74	2,70	1,218	3,558	6	0,0	0,0	6,1	5,9	5,97	1,33		
		4,57	3,53	1,592	4,652	9	0,0	0,0	9,3	8,9	9,12	2,03	2,5	
		2,62	1,58	0,713	2,082	6	0,0	0,0	5,9	6,1	6,01	1,33		
1,95		0,91	0,410	1,199	3	0,0	0,0	3,1	2,9	3,02	0,67			
na ose	1,61	0,57	0,257	0,751	0	0,1	0,1	0,0	0,0	-0,08	-0,02	2,6		
25	od zášypu zima	1,23	0,19	0,086	0,250	3	3,1	3,0	0,0	0,0	-3,02	-0,67		
		1,10	0,06	0,027	0,079	6	6,0	6,2	0,0	0,0	-6,08	-1,35		
		1,00	-0,04	-0,018	-0,053	9	8,9	9,1	0,0	0,0	-8,98	-2,00	3,0	
		1,43	0,39	0,176	0,514	6	5,9	6,2	0,0	0,0	-6,03	-1,34		
		1,92	0,88	0,397	1,160	3	3,0	3,0	0,0	0,0	-2,99	-0,66		
	na ose	2,36	1,32	0,595	1,740	0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,06	0,01	2,7	
	proti zášypu léto	3,24	2,20	0,992	2,899	3	0,0	0,0	3,2	3,1	3,13	0,69		
		3,74	2,70	1,218	3,558	6	0,0	0,0	6,2	6,0	6,10	1,35		
		4,43	3,39	1,529	4,467	9	0,0	0,0	9,1	9,0	9,05	2,01	2,5	
		2,50	1,46	0,658	1,924	6	0,0	0,0	6,1	6,0	6,02	1,34		
2,03		0,99	0,446	1,305	3	0,0	0,0	3,1	3,0	3,04	0,67			
na ose	1,69	0,65	0,293	0,857	0	0,0	0,1	0,1	0,0	-0,02	0,00	2,7		
26	od zášypu zima	1,31	0,27	0,122	0,356	3	3,0	3,1	0,0	0,0	-3,01	-0,67		
		1,04	0,00	0,000	0,000	6	5,9	6,0	0,0	0,0	-5,97	-1,33		
		1,04	0,00	0,000	0,000	9	9,0	9,1	0,0	0,0	-9,05	-2,01	3,1	
		1,41	0,37	0,167	0,488	6	5,9	6,1	0,0	0,0	-6,03	-1,34		
		1,87	0,83	0,374	1,094	3	3,1	3,0	0,0	0,0	-3,03	-0,67		
	na ose	2,35	1,31	0,591	1,726	0	0,0	0,1	0,0	0,0	-0,01	0,00	3,0	
	proti zášypu léto	3,21	2,17	0,979	2,860	3	0,0	0,0	3,1	3,0	3,02	0,67		
		3,94	2,90	1,308	3,822	6	0,0	0,0	6,3	5,9	6,08	1,35		
		4,55	3,51	1,583	4,626	9	0,0	0,0	9,2	8,9	9,08	2,02	2,8	
		2,55	1,51	0,681	1,990	6	0,0	0,0	6,1	5,9	6,00	1,33		
2,19		1,15	0,519	1,515	3	0,0	0,0	3,2	2,9	3,02	0,67			
na ose	1,59	0,55	0,248	0,725	0	0,0	0,1	0,2	0,0	0,05	0,01	3,1		
27	od zášypu zima	1,28	0,24	0,108	0,316	3	3,0	3,1	0,0	0,0	-3,03	-0,67		
		1,09	0,05	0,023	0,066	6	5,9	6,2	0,0	0,0	-6,04	-1,34		
		0,98	-0,06	-0,027	-0,079	9	8,9	9,1	0,0	0,0	-9,02	-2,00	3,3	
		1,45	0,41	0,185	0,540	6	5,9	6,2	0,0	0,0	-6,04	-1,34		
		1,89	0,85	0,383	1,120	3	2,8	3,1	0,0	0,0	-2,97	-0,66		
	na ose	2,45	1,41	0,636	1,858	0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,05	0,01	3,2	
	proti zášypu léto	2,93	1,89	0,852	2,491	3	0,0	0,0	3,2	3,0	3,09	0,69		
		3,70	2,66	1,200	3,505	6	0,0	0,0	6,3	5,9	6,06	1,35		
		4,35	3,31	1,493	4,362	9	0,0	0,0	9,3	8,9	9,08	2,02	3,1	
		2,57	1,53	0,690	2,016	6	0,0	0,0	6,1	5,9	6,01	1,34		
2,03		0,99	0,446	1,305	3	0,0	0,0	3,1	2,9	2,99	0,66			
na ose	1,58	0,54	0,244	0,712	0	0,0	0,1	0,0	0,0	-0,05	-0,01	3,2		
28	od zášypu zima	1,28	0,24	0,108	0,316	3	3,0	3,2	0,0	0,0	-3,07	-0,68		
		1,03	-0,01	-0,005	-0,013	6	6,0	6,1	0,0	0,0	-6,05	-1,34		
		1,05	0,01	0,005	0,013	9	8,9	9,0	0,0	0,0	-8,94	-1,99	3,5	
		1,43	0,39	0,176	0,514	6	6,0	6,0	0,0	0,0	-5,97	-1,33		
		1,90	0,86	0,388	1,133	3	2,9	3,1	0,0	0,0	-3,00	-0,67		
	na ose	2,52	1,48	0,667	1,950	0	0,0	0,1	0,1	0,0	0,01	0,00	3,3	
	proti zášypu léto	2,97	1,93	0,870	2,543	3	0,0	0,0	3,1	2,9	2,98	0,66		
		3,87	2,83	1,276	3,729	6	0,0	0,0	6,3	5,8	6,05	1,34		
		4,61	3,57	1,610	4,705	9	0,0	0,0	9,2	8,9	9,03	2,01	3,1	
		2,87	1,83	0,825	2,412	6	0,0	0,0	6,1	6,0	6,05	1,34		
2,03		0,99	0,446	1,305	3	0,0	0,0	3,1	3,0	3,01	0,67			
na ose	1,62	0,58	0,262	0,764	0	0,0	0,3	0,0	0,0	-0,12	-0,03	3,3		
29	od zášypu zima	1,26	0,22	0,099	0,290	3	2,9	3,3	0,0	0,0	-3,09	-0,69		
		1,10	0,06	0,027	0,079	6	5,9	6,2	0,0	0,0	-6,01	-1,34		
		0,98	-0,06	-0,027	-0,079	9	9,0	9,2	0,0	0,0	-9,08	-2,02	3,6	
		1,41	0,37	0,167	0,488	6	5,9	6,1	0,0	0,0	-6,02	-1,34		
		1,86	0,82	0,370	1,081	3	2,9	3,1	0,0	0,0	-3,03	-0,67		
	na ose	2,35	1,31	0,591	1,726	0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,04	0,01	3,5	
	proti zášypu léto	3,18	2,14	0,965	2,820	3	0,0	0,0	3,2	3,0	3,06	0,68		
		3,89	2,85	1,285	3,756	6	0,0	0,0	6,3	5,8	6,03	1,34		

		4,63	3,59	1,619	4,731	9	0,0	0,0	9,3	8,9	9,12	2,03	3,3	
		2,90	1,86	0,839	2,451	6	0,0	0,0	6,2	5,9	6,04	1,34		
		1,98	0,94	0,424	1,239	3	0,0	0,0	3,1	2,9	3,01	0,67		
	na ose	1,59	0,55	0,248	0,725	0	0,0	0,1	0,0	0,0	-0,02	0,00	3,5	
30	od zásypu zima	1,36	0,32	0,144	0,422	3	2,9	3,1	0,0	0,0	-2,99	-0,66		
		1,05	0,01	0,005	0,013	6	6,0	6,0	0,0	0,0	-6,00	-1,33		
		0,97	-0,07	-0,032	-0,092	9	8,9	9,1	0,0	0,0	-8,99	-2,00	3,8	
		1,40	0,36	0,162	0,474	6	5,9	6,1	0,0	0,0	-6,00	-1,33		
		1,81	0,77	0,347	1,015	3	2,8	3,3	0,0	0,0	-3,04	-0,67		
		na ose	2,37	1,33	0,600	1,753	0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,13	0,03	3,7
		proti zásypu léto	2,91	1,87	0,843	2,464	3	0,0	0,0	3,2	2,9	3,03	0,67	
			3,70	2,66	1,200	3,505	6	0,0	0,0	6,2	6,0	6,08	1,35	
			4,16	3,12	1,407	4,112	9	0,0	0,0	9,3	8,7	9,00	2,00	3,3
			2,68	1,64	0,740	2,161	6	0,0	0,0	6,2	6,0	6,07	1,35	
			1,92	0,88	0,397	1,160	3	0,0	0,0	3,1	2,9	3,03	0,67	
		na ose	1,58	0,54	0,244	0,712	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,02	0,00	3,6

MODEL (3) – vyztužený zásep, výtůž spojená s opěrou														
Počáteční čtení dynamometru pro F = 0					1,37	Maximální odpovídající deformace opěry d [mm]					3; 6; 9			
Počet cyklů = počet let	Směr deformace	Síla na opěru			Součinitel zemního tlaku K	Posun opěry [mm]	Posun opěry čtení budíků				Reálný posun opěry d [mm]	Reálný posun opěry d/H [%]	Sednutí zásepů 5 cm za opěrou [mm]	
		Relativní deformace [mm]	Skutečná deformace [mm]	Přepočtená síla F [kN]			1	2	3	4				
N		ε												
1	na ose	1,25	-0,12	-0,054	-0,158	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,0	
	od zásepů zima	1,02	-0,35	-0,158	-0,461	1	1,01	0,89	0,00	0,00	-0,95	-0,21		
		0,92	-0,45	-0,203	-0,593	2	1,93	2,12	0,00	0,00	-2,03	-0,45		
		0,86	-0,51	-0,230	-0,672	3	2,89	3,06	0,00	0,00	-2,98	-0,66	0,0	
		1,09	-0,28	-0,126	-0,369	2	1,89	2,05	0,00	0,00	-1,97	-0,44		
		1,30	-0,07	-0,032	-0,092	1	0,99	0,90	0,00	0,00	-0,95	-0,21		
	na ose	1,78	0,41	0,185	0,540	0	0,00	0,00	0,08	0,00	0,04	0,01	0,0	
	proti zásepů léto	1,86	0,49	0,221	0,646	1	0,00	0,00	1,00	0,85	0,93	0,21		
		2,24	0,87	0,392	1,146	2	0,00	0,00	2,09	1,98	2,04	0,45		
		2,60	1,23	0,555	1,621	3	0,00	0,00	3,05	3,01	3,03	0,67	0,0	
		1,86	0,49	0,221	0,646	2	0,00	0,00	2,09	1,94	2,02	0,45		
		1,52	0,15	0,068	0,198	1	0,00	0,00	1,05	0,98	1,02	0,23		
	na ose	1,16	-0,21	-0,095	-0,277	0	0,05	0,00	0,00	0,00	-0,03	-0,01	0,0	
	2	od zásepů zima	1,03	-0,34	-0,153	-0,448	1	0,96	1,02	0,00	0,00	-0,99	-0,22	
0,91			-0,46	-0,207	-0,606	2	1,89	2,01	0,00	0,00	-1,95	-0,43		
0,86			-0,51	-0,230	-0,672	3	2,99	3,11	0,00	0,00	-3,05	-0,68	0,0	
1,09			-0,28	-0,126	-0,369	2	1,93	2,08	0,00	0,00	-2,01	-0,45		
1,29			-0,08	-0,036	-0,105	1	1,07	0,91	0,00	0,00	-0,99	-0,22		
na ose		1,70	0,33	0,149	0,435	0	0,00	0,00	0,04	0,01	0,03	0,01	0,0	
proti zásepů léto		2,03	0,66	0,298	0,870	1	0,00	0,00	1,20	1,05	1,13	0,25		
		2,30	0,93	0,419	1,226	2	0,00	0,00	2,15	1,93	2,04	0,45		
		2,62	1,25	0,564	1,647	3	0,00	0,00	3,08	3,04	3,06	0,68	0,0	
		1,81	0,44	0,198	0,580	2	0,00	0,00	2,02	1,84	1,93	0,43		
		1,57	0,20	0,090	0,264	1	0,00	0,00	1,05	1,00	1,03	0,23		
na ose		1,18	-0,19	-0,086	-0,250	0	0,03	0,00	0,00	0,00	-0,02	0,00	0,0	
3		od zásepů zima	1,00	-0,37	-0,167	-0,488	1	1,10	0,96	0,00	0,00	-1,03	-0,23	
			0,91	-0,46	-0,207	-0,606	2	1,93	2,12	0,00	0,00	-2,03	-0,45	
	0,86		-0,51	-0,230	-0,672	3	2,95	3,09	0,00	0,00	-3,02	-0,67	0,0	
	1,08		-0,29	-0,131	-0,382	2	1,95	2,09	0,00	0,00	-2,02	-0,45		
	1,27		-0,10	-0,045	-0,132	1	1,03	0,89	0,00	0,00	-0,96	-0,21		
	na ose	1,68	0,31	0,140	0,409	0	0,00	0,00	0,04	0,00	0,02	0,00	0,0	
	proti zásepů léto	1,96	0,59	0,266	0,778	1	0,00	0,00	1,12	0,95	1,04	0,23		
		2,26	0,89	0,401	1,173	2	0,00	0,00	2,80	2,01	2,41	0,53		
		2,61	1,24	0,559	1,634	3	0,00	0,00	2,99	3,06	3,03	0,67	0,0	
		1,82	0,45	0,203	0,593	2	0,00	0,00	2,16	1,89	2,03	0,45		
		1,52	0,15	0,068	0,198	1	0,00	0,00	1,10	0,95	1,03	0,23		
	na ose	1,19	-0,18	-0,081	-0,237	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,0	
	4	od zásepů zima	0,99	-0,38	-0,171	-0,501	1	1,09	0,95	0,00	0,00	-1,02	-0,23	
			0,98	-0,39	-0,176	-0,514	2	1,93	2,02	0,00	0,00	-1,98	-0,44	
0,88			-0,49	-0,221	-0,646	3	2,92	3,01	0,00	0,00	-2,97	-0,66	0,0	
1,09			-0,28	-0,126	-0,369	2	1,95	2,02	0,00	0,00	-1,99	-0,44		
1,26			-0,11	-0,050	-0,145	1	1,03	0,90	0,00	0,00	-0,97	-0,21		
na ose		1,66	0,29	0,131	0,382	0	0,00	0,00	0,02	0,00	0,01	0,00	0,0	
proti zásepů léto		1,96	0,59	0,266	0,778	1	0,00	0,00	1,06	0,94	1,00	0,22		
		2,23	0,86	0,388	1,133	2	0,00	0,00	2,16	1,96	2,06	0,46		
		2,63	1,26	0,568	1,660	3	0,00	0,00	3,05	3,00	3,03	0,67	0,0	
		1,86	0,49	0,221	0,646	2	0,00	0,00	2,15	1,95	2,05	0,46		
		1,51	0,14	0,063	0,184	1	0,00	0,00	1,08	0,92	1,00	0,22		
na ose		1,20	-0,17	-0,077	-0,224	0	0,01	0,00	0,00	0,00	-0,01	0,00	0,0	
5		od zásepů zima	1,00	-0,37	-0,167	-0,488	1	1,08	0,94	0,00	0,00	-1,01	-0,22	
			0,93	-0,44	-0,198	-0,580	2	2,00	2,13	0,00	0,00	-2,07	-0,46	
	0,86		-0,51	-0,230	-0,672	3	2,90	3,07	0,00	0,00	-2,99	-0,66	0,0	
	1,06		-0,31	-0,140	-0,409	2	1,94	2,06	0,00	0,00	-2,00	-0,44		
	1,17		-0,20	-0,090	-0,264	1	1,08	0,98	0,00	0,00	-1,03	-0,23		
	na ose	1,67	0,30	0,135	0,395	0	0,00	0,00	0,04	0,00	0,02	0,00	0,0	
	proti zásepů léto	1,96	0,59	0,266	0,778	1	0,00	0,00	1,12	0,96	1,04	0,23		
		2,22	0,85	0,383	1,120	2	0,00	0,00	2,19	2,00	2,10	0,47		
		2,64	1,27	0,573	1,674	3	0,00	0,00	3,05	3,01	3,03	0,67	0,0	
		1,83	0,46	0,207	0,606	2	0,00	0,00	2,12	1,88	2,00	0,44		
		1,53	0,16	0,072	0,211	1	0,00	0,00	1,09	0,95	1,02	0,23		
	na ose	1,20	-0,17	-0,077	-0,224	0	0,01	0,00	0,00	0,00	-0,01	0,00	0,0	
	6	od zásepů zima	1,06	-0,31	-0,140	-0,409	1	1,02	0,92	0,00	0,00	-0,97	-0,22	
			0,93	-0,44	-0,198	-0,580	2	1,91	2,07	0,00	0,00	-1,99	-0,44	
0,88			-0,49	-0,221	-0,646	3	2,90	3,05	0,00	0,00	-2,98	-0,66	0,0	
1,08			-0,29	-0,131	-0,382	2	1,96	2,07	0,00	0,00	-2,02	-0,45		
1,27			-0,10	-0,045	-0,132	1	0,99	0,87	0,00	0,00	-0,93	-0,21		
na ose		1,68	0,31	0,140	0,409	0	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00	0,0	
proti zásepů léto		1,97	0,60	0,271	0,791	1	0,00	0,00	1,06	0,91	0,99	0,22		
		2,29	0,92	0,415	1,212	2	0,00	0,00	2,12	1,95	2,04	0,45		
		2,67	1,30	0,586	1,713	3	0,00	0,00	3,05	3,01	3,03	0,67	0,0	
		1,82	0,45	0,203	0,593	2	0,00	0,00	2,11	1,83	1,97	0,44		
		1,54	0,17	0,077	0,224	1	0,00	0,00	1,06	0,93	1,00	0,22		
na ose		1,21	-0,16	-0,072	-0,211	0	0,01	0,00	0,00	0,00	-0,01	0,00	0,0	
7		od zásepů zima	1,03	-0,34	-0,153	-0,448	1	1,08	0,96	0,00	0,00	-1,02	-0,23	
			0,94	-0,43	-0,194	-0,567	2	1,91	2,04	0,00	0,00	-1,98	-0,44	
	0,87		-0,50	-0,226	-0,659	3	2,92	3,08	0,00	0,00	-3,00	-0,67	0,1	
	1,09		-0,28	-0,126	-0,369	2	1,93	2,03	0,00	0,00	-1,98	-0,44		
	1,26		-0,11	-0,050	-0,145	1	1,02	0,90	0,00	0,00	-0,96	-0,21		
	na ose	1,71	0,34	0,153	0,448	0	0,00	0,00	0,04	0,00	0,02	0,00	0,0	
	proti zásepů	1,97	0,60	0,271	0,791	1	0,00	0,00	1,07	0,94	1,01	0,22		

	léto	2,31	0,94	0,424	1,239	2	0,00	0,00	2,16	2,00	2,08	0,46	
		2,66	1,29	0,582	1,700	3	0,00	0,00	3,01	2,99	3,00	0,67	0,0
		1,84	0,47	0,212	0,619	2	0,00	0,00	2,00	1,82	1,91	0,42	
		1,54	0,17	0,077	0,224	1	0,00	0,00	1,10	0,95	1,03	0,23	
		1,22	-0,15	-0,068	-0,198	0	0,04	0,00	0,00	0,00	-0,02	0,00	0,0
8	od zásypu zima	1,05	-0,32	-0,144	-0,422	1	1,06	0,95	0,00	0,00	-1,01	-0,22	
		0,94	-0,43	-0,194	-0,567	2	1,95	2,06	0,00	0,00	-2,01	-0,45	
		0,86	-0,51	-0,230	-0,672	3	2,91	3,10	0,00	0,00	-3,01	-0,67	0,1
		1,11	-0,26	-0,117	-0,343	2	1,90	2,02	0,00	0,00	-1,96	-0,44	
		1,28	-0,09	-0,041	-0,119	1	1,06	0,92	0,00	0,00	-0,99	-0,22	
	na ose	1,69	0,32	0,144	0,422	0	0,00	0,00	0,03	0,00	0,02	0,00	0,0
	proti zásypu léto	1,99	0,62	0,280	0,817	1	0,00	0,00	1,16	0,97	1,07	0,24	
		2,30	0,93	0,419	1,226	2	0,00	0,00	2,16	1,91	2,04	0,45	
		2,69	1,32	0,595	1,740	3	0,00	0,00	3,04	3,00	3,02	0,67	0,0
		1,86	0,49	0,221	0,646	2	0,00	0,00	2,12	1,87	2,00	0,44	
		1,53	0,16	0,072	0,211	1	0,00	0,00	1,06	0,91	0,99	0,22	
na ose	1,22	-0,15	-0,068	-0,198	0	0,01	0,00	0,00	0,00	-0,01	0,00	0,1	
9	od zásypu zima	1,03	-0,34	-0,153	-0,448	1	1,07	0,94	0,00	0,00	-1,01	-0,22	
		0,92	-0,45	-0,203	-0,593	2	1,89	2,10	0,00	0,00	-2,00	-0,44	
		0,86	-0,51	-0,230	-0,672	3	2,89	3,10	0,00	0,00	-3,00	-0,67	0,1
		1,10	-0,27	-0,122	-0,356	2	1,91	2,05	0,00	0,00	-1,98	-0,44	
		1,27	-0,10	-0,045	-0,132	1	1,08	0,93	0,00	0,00	-1,01	-0,22	
	na ose	1,66	0,29	0,131	0,382	0	0,00	0,00	0,03	0,00	0,02	0,00	0,0
	proti zásypu léto	2,00	0,63	0,284	0,830	1	0,00	0,00	1,14	0,98	1,06	0,24	
		2,33	0,96	0,433	1,265	2	0,00	0,00	2,20	1,95	2,08	0,46	
		2,70	1,33	0,600	1,753	3	0,00	0,00	3,05	3,01	3,03	0,67	0,0
		1,84	0,47	0,212	0,619	2	0,00	0,00	2,07	1,82	1,95	0,43	
		1,55	0,18	0,081	0,237	1	0,00	0,00	1,08	0,94	1,01	0,22	
na ose	1,22	-0,15	-0,068	-0,198	0	0,03	0,00	0,00	0,00	-0,02	0,00	0,0	
10	od zásypu zima	1,01	-0,36	-0,162	-0,474	1	1,10	0,92	0,00	0,00	-1,01	-0,22	
		0,96	-0,41	-0,185	-0,540	2	1,90	2,07	0,00	0,00	-1,99	-0,44	
		0,86	-0,51	-0,230	-0,672	3	2,90	3,10	0,00	0,00	-3,00	-0,67	0,1
		1,13	-0,24	-0,108	-0,316	2	1,91	2,08	0,00	0,00	-2,00	-0,44	
		1,29	-0,08	-0,036	-0,105	1	1,03	0,94	0,00	0,00	-0,99	-0,22	
	na ose	1,72	0,35	0,158	0,461	0	0,00	0,00	0,05	0,00	0,03	0,01	0,1
	proti zásypu léto	2,02	0,65	0,293	0,857	1	0,00	0,00	1,16	0,96	1,06	0,24	
		2,28	0,91	0,410	1,199	2	0,00	0,00	2,11	1,89	2,00	0,44	
		2,73	1,36	0,613	1,792	3	0,00	0,00	3,08	3,03	3,06	0,68	0,0
		1,82	0,45	0,203	0,593	2	0,00	0,00	2,09	1,85	1,97	0,44	
		1,53	0,16	0,072	0,211	1	0,00	0,00	1,07	0,91	0,99	0,22	
na ose	1,22	-0,15	-0,068	-0,198	0	0,01	0,01	0,00	0,00	-0,01	0,00	0,0	
11	od zásypu zima	0,94	-0,43	-0,194	-0,567	2	1,94	2,15	0,00	0,00	-2,05	-0,45	
		0,78	-0,59	-0,266	-0,778	4	3,99	3,99	0,00	0,00	-3,99	-0,89	
		0,72	-0,65	-0,293	-0,857	6	6,07	5,91	0,00	0,00	-5,99	-1,33	0,1
		1,19	-0,18	-0,081	-0,237	4	3,92	4,13	0,00	0,00	-4,03	-0,89	
		1,47	0,10	0,045	0,132	2	2,01	1,87	0,00	0,00	-1,94	-0,43	
	na ose	2,02	0,65	0,293	0,857	0	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00	0,1
	proti zásypu léto	2,53	1,16	0,523	1,529	2	0,00	0,00	2,13	1,99	2,06	0,46	
		3,22	1,85	0,834	2,438	4	0,00	0,00	4,03	4,01	4,02	0,89	
		3,76	2,39	1,078	3,150	6	0,00	0,00	6,12	5,99	6,06	1,35	0,0
		1,99	0,62	0,280	0,817	4	0,00	0,00	4,03	3,97	4,00	0,89	
		1,61	0,24	0,108	0,316	2	0,00	0,00	2,16	1,88	2,02	0,45	
na ose	1,19	-0,18	-0,081	-0,237	0	0,06	0,01	0,00	0,00	-0,04	-0,01	0,1	
12	od zásypu zima	0,97	-0,40	-0,180	-0,527	2	1,87	2,05	0,00	0,00	-1,96	-0,44	
		0,84	-0,53	-0,239	-0,698	4	3,99	4,00	0,00	0,00	-4,00	-0,89	
		0,73	-0,64	-0,289	-0,843	6	6,08	5,95	0,00	0,00	-6,02	-1,34	0,1
		1,18	-0,19	-0,086	-0,250	4	3,94	4,09	0,00	0,00	-4,02	-0,89	
		1,46	0,09	0,041	0,119	2	1,97	1,90	0,00	0,00	-1,94	-0,43	
	na ose	2,01	0,64	0,289	0,843	0	0,00	0,00	0,06	0,00	0,03	0,01	0,0
	proti zásypu léto	2,40	1,03	0,465	1,357	2	0,00	0,00	2,14	1,91	2,03	0,45	
		3,06	1,69	0,762	2,227	4	0,00	0,00	4,10	4,05	4,08	0,91	
		3,69	2,32	1,046	3,057	6	0,00	0,00	6,13	5,99	6,06	1,35	0,0
		1,99	0,62	0,280	0,817	4	0,00	0,00	4,02	3,97	4,00	0,89	
		1,62	0,25	0,113	0,329	2	0,00	0,00	2,18	1,88	2,03	0,45	
na ose	1,23	-0,14	-0,063	-0,184	0	0,01	0,00	0,00	0,00	-0,01	0,00	0,0	
13	od zásypu zima	0,98	-0,39	-0,176	-0,514	2	1,92	2,09	0,00	0,00	-2,01	-0,45	
		0,85	-0,52	-0,235	-0,685	4	3,97	4,03	0,00	0,00	-4,00	-0,89	
		0,72	-0,65	-0,293	-0,857	6	6,08	5,96	0,00	0,00	-6,02	-1,34	0,1
		1,21	-0,16	-0,072	-0,211	4	3,87	4,14	0,00	0,00	-4,01	-0,89	
		1,46	0,09	0,041	0,119	2	2,02	1,97	0,00	0,00	-2,00	-0,44	
	na ose	1,99	0,62	0,280	0,817	0	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00	0,0
	proti zásypu léto	2,33	0,96	0,433	1,265	2	0,00	0,00	2,11	1,91	2,01	0,45	
		3,02	1,65	0,744	2,174	4	0,00	0,00	4,07	4,02	4,05	0,90	
		3,70	2,33	1,051	3,071	6	0,00	0,00	6,09	5,92	6,01	1,33	-0,1
		2,00	0,63	0,284	0,830	4	0,00	0,00	4,04	3,96	4,00	0,89	
		1,62	0,25	0,113	0,329	2	0,00	0,00	2,08	1,83	1,96	0,43	
na ose	1,33	-0,04	-0,018	-0,053	0	0,01	0,00	0,00	0,03	0,01	0,00	0,0	
14	od zásypu zima	0,99	-0,38	-0,171	-0,501	2	1,93	2,17	0,00	0,00	-2,05	-0,46	
		0,87	-0,50	-0,226	-0,659	4	3,99	4,03	0,00	0,00	-4,01	-0,89	
		0,72	-0,65	-0,293	-0,857	6	6,04	5,91	0,00	0,00	-5,98	-1,33	0,1
		1,20	-0,17	-0,077	-0,224	4	3,89	4,11	0,00	0,00	-4,00	-0,89	
		1,47	0,10	0,045	0,132	2	2,03	1,94	0,00	0,00	-1,99	-0,44	
	na ose	1,99	0,62	0,280	0,817	0	0,00	0,00	0,03	0,00	0,02	0,00	0,0
	proti zásypu léto	2,35	0,98	0,442	1,291	2	0,00	0,00	2,20	1,98	2,09	0,46	
		3,00	1,63	0,735	2,148	4	0,00	0,00	4,06	4,00	4,03	0,90	
		3,68	2,31	1,042	3,044	6	0,00	0,00	6,13	6,01	6,07	1,35	-0,1
		2,01	0,64	0,289	0,843	4	0,00	0,00	4,02	3,99	4,01	0,89	
		1,60	0,23	0,104	0,303	2	0,00	0,00	2,10	1,75	1,93	0,43	
na ose	1,25	-0,12	-0,054	-0,158	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,0	

15	od zášypu zima	0,99	-0,38	-0,171	-0,501	2	1,96	2,16	0,00	0,00	-2,06	-0,46	
		0,87	-0,50	-0,226	-0,659	4	3,96	4,05	0,00	0,00	-4,01	-0,89	
		0,73	-0,64	-0,289	-0,843	6	6,06	5,94	0,00	0,00	-6,00	-1,33	0,1
		1,16	-0,21	-0,095	-0,277	4	3,86	4,12	0,00	0,00	-3,99	-0,89	
		1,47	0,10	0,045	0,132	2	2,06	1,96	0,00	0,00	-2,01	-0,45	
	na ose	1,98	0,61	0,275	0,804	0	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00	0,0
		2,28	0,91	0,410	1,199	2	0,00	0,00	2,19	1,91	2,05	0,46	
	proti zášypu léto	3,02	1,65	0,744	2,174	4	0,00	0,00	4,11	4,07	4,09	0,91	
		3,70	2,33	1,051	3,071	6	0,00	0,00	6,10	5,96	6,03	1,34	-0,1
		2,02	0,65	0,293	0,857	4	0,00	0,00	4,02	3,98	4,00	0,89	
1,63		0,26	0,117	0,343	2	0,00	0,00	2,10	1,80	1,95	0,43		
1,25		-0,12	-0,054	-0,158	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,1	
16	od zášypu zima	0,98	-0,39	-0,176	-0,514	2	1,87	2,16	0,00	0,00	-2,02	-0,45	
		0,87	-0,50	-0,226	-0,659	4	3,96	4,06	0,00	0,00	-4,01	-0,89	
		0,73	-0,64	-0,289	-0,843	6	6,05	5,91	0,00	0,00	-5,98	-1,33	0,1
		1,21	-0,16	-0,072	-0,211	4	3,90	4,11	0,00	0,00	-4,01	-0,89	
		1,46	0,09	0,041	0,119	2	2,04	1,92	0,00	0,00	-1,98	-0,44	
	na ose	1,98	0,61	0,275	0,804	0	0,00	0,00	0,02	0,00	0,01	0,00	0,1
		2,38	1,01	0,456	1,331	2	0,00	0,00	2,16	1,94	2,05	0,46	
	proti zášypu léto	3,00	1,63	0,735	2,148	4	0,00	0,00	4,07	4,03	4,05	0,90	
		3,45	2,08	0,938	2,741	6	0,00	0,00	6,15	5,94	6,05	1,34	-0,1
		2,00	0,63	0,284	0,830	4	0,00	0,00	4,04	3,97	4,01	0,89	
1,63		0,26	0,117	0,343	2	0,00	0,00	2,15	1,83	1,99	0,44		
1,25		-0,12	-0,054	-0,158	0	0,02	0,00	0,00	0,00	-0,01	0,00	0,0	
17	od zášypu zima	1,01	-0,36	-0,162	-0,474	2	1,91	2,05	0,00	0,00	-1,98	-0,44	
		0,90	-0,47	-0,212	-0,619	4	3,99	4,02	0,00	0,00	-4,01	-0,89	
		0,71	-0,66	-0,298	-0,870	6	6,11	5,95	0,00	0,00	-6,03	-1,34	0,1
		1,21	-0,16	-0,072	-0,211	4	3,89	4,10	0,00	0,00	-4,00	-0,89	
		1,47	0,10	0,045	0,132	2	1,97	1,89	0,00	0,00	-1,93	-0,43	
	na ose	2,00	0,63	0,284	0,830	0	0,00	0,00	0,06	0,00	0,03	0,01	0,0
		2,33	0,96	0,433	1,265	2	0,00	0,00	2,23	1,93	2,08	0,46	
	proti zášypu léto	3,01	1,64	0,740	2,161	4	0,00	0,00	4,07	4,05	4,06	0,90	
		3,43	2,06	0,929	2,715	6	0,00	0,00	6,16	5,89	6,03	1,34	-0,1
		2,01	0,64	0,289	0,843	4	0,00	0,00	4,05	3,98	4,02	0,89	
1,64		0,27	0,122	0,356	2	0,00	0,00	2,12	1,84	1,98	0,44		
1,26		-0,11	-0,050	-0,145	0	0,01	0,00	0,00	0,00	-0,01	0,00	0,1	
18	od zášypu zima	0,99	-0,38	-0,171	-0,501	2	1,91	2,18	0,00	0,00	-2,05	-0,45	
		0,88	-0,49	-0,221	-0,646	4	3,99	4,07	0,00	0,00	-4,03	-0,90	
		0,69	-0,68	-0,307	-0,896	6	6,16	5,90	0,00	0,00	-6,03	-1,34	0,1
		1,19	-0,18	-0,081	-0,237	4	3,90	4,07	0,00	0,00	-3,99	-0,89	
		1,46	0,09	0,041	0,119	2	2,05	1,90	0,00	0,00	-1,98	-0,44	
	na ose	2,00	0,63	0,284	0,830	0	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00	0,1
		2,35	0,98	0,442	1,291	2	0,00	0,00	2,12	1,88	2,00	0,44	
	proti zášypu léto	3,00	1,63	0,735	2,148	4	0,00	0,00	4,07	4,03	4,05	0,90	
		3,71	2,34	1,055	3,084	6	0,00	0,00	6,13	5,96	6,05	1,34	0,0
		2,03	0,66	0,298	0,870	4	0,00	0,00	4,03	4,00	4,02	0,89	
1,64		0,27	0,122	0,356	2	0,00	0,00	2,17	1,84	2,01	0,45		
1,27		-0,10	-0,045	-0,132	0	0,01	0,00	0,00	0,00	-0,01	0,00	0,1	
19	od zášypu zima	1,00	-0,37	-0,167	-0,488	2	1,89	2,11	0,00	0,00	-2,00	-0,44	
		0,88	-0,49	-0,221	-0,646	4	3,98	4,08	0,00	0,00	-4,03	-0,90	
		0,73	-0,64	-0,289	-0,843	6	6,10	5,98	0,00	0,00	-6,04	-1,34	0,1
		1,20	-0,17	-0,077	-0,224	4	3,85	4,11	0,00	0,00	-3,98	-0,88	
		1,48	0,11	0,050	0,145	2	2,03	1,92	0,00	0,00	-1,98	-0,44	
	na ose	1,97	0,60	0,271	0,791	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,0
		2,36	0,99	0,446	1,305	2	0,00	0,00	2,29	1,95	2,12	0,47	
	proti zášypu léto	3,00	1,63	0,735	2,148	4	0,00	0,00	4,06	3,99	4,03	0,89	
		3,63	2,26	1,019	2,978	6	0,00	0,00	6,13	5,98	6,06	1,35	-0,1
		2,04	0,67	0,302	0,883	4	0,00	0,00	4,01	3,97	3,99	0,89	
1,67		0,30	0,135	0,395	2	0,00	0,00	2,17	1,88	2,03	0,45		
1,28		-0,09	-0,041	-0,119	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,0	
20	od zášypu zima	1,01	-0,36	-0,162	-0,474	2	1,95	2,10	0,00	0,00	-2,03	-0,45	
		0,88	-0,49	-0,221	-0,646	4	3,94	4,09	0,00	0,00	-4,02	-0,89	
		0,79	-0,58	-0,262	-0,764	6	6,14	5,87	0,00	0,00	-6,01	-1,33	0,1
		1,24	-0,13	-0,059	-0,171	4	3,87	4,05	0,00	0,00	-3,96	-0,88	
		1,45	0,08	0,036	0,105	2	2,13	1,89	0,00	0,00	-2,01	-0,45	
	na ose	2,01	0,64	0,289	0,843	0	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,00	0,0
		2,39	1,02	0,460	1,344	2	0,00	0,00	2,12	1,88	2,00	0,44	
	proti zášypu léto	3,03	1,66	0,749	2,188	4	0,00	0,00	4,06	4,04	4,05	0,90	
		3,83	2,46	1,109	3,242	6	0,00	0,00	6,20	5,97	6,09	1,35	0,0
		2,00	0,63	0,284	0,830	4	0,00	0,00	4,04	3,99	4,02	0,89	
1,62		0,25	0,113	0,329	2	0,00	0,00	2,15	1,82	1,99	0,44		
1,26		-0,11	-0,050	-0,145	0	0,03	0,00	0,00	0,00	-0,02	0,00	0,1	
21	od zášypu zima	0,97	-0,40	-0,180	-0,527	3	2,94	3,21	0,00	0,00	-3,08	-0,68	
		0,75	-0,62	-0,280	-0,817	6	6,08	5,96	0,00	0,00	-6,02	-1,34	
		0,71	-0,66	-0,298	-0,870	9	7,88	9,17	0,00	0,00	-8,53	-1,89	0,1
		1,15	-0,22	-0,099	-0,290	6	6,11	5,91	0,00	0,00	-6,01	-1,34	
		1,64	0,27	0,122	0,356	3	2,95	2,98	0,00	0,00	-2,97	-0,66	
	na ose	2,30	0,93	0,419	1,226	0	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,00	0,1
		2,95	1,58	0,713	2,082	3	0,00	0,00	3,06	3,01	3,04	0,67	
	proti zášypu léto	3,73	2,36	1,064	3,110	6	0,00	0,00	6,18	5,90	6,04	1,34	
		4,80	3,43	1,547	4,520	9	0,00	0,00	9,09	9,01	9,05	2,01	-0,1
		2,38	1,01	0,456	1,331	6	0,00	0,00	6,09	5,88	5,99	1,33	
1,69		0,32	0,144	0,422	3	0,00	0,00	3,15	2,84	3,00	0,67		
1,27		-0,10	-0,045	-0,132	0	0,08	0,00	0,00	0,00	-0,04	-0,01	0,0	
22	od zášypu zima	0,99	-0,38	-0,171	-0,501	3	2,91	3,25	0,00	0,00	-3,08	-0,68	
		0,80	-0,57	-0,257	-0,751	6	6,07	5,94	0,00	0,00	-6,01	-1,33	
		0,69	-0,68	-0,307	-0,896	9	8,88	9,25	0,00	0,00	-9,07	-2,01	0,1
		1,17	-0,20	-0,090	-0,264	6	6,11	5,89	0,00	0,00	-6,00	-1,33	

		4,68	3,31	1,493	4,362	9	0,00	0,00	9,15	8,96	9,06	2,01	-0,1	
		2,38	1,01	0,456	1,331	6	0,00	0,00	6,15	5,85	6,00	1,33		
		1,74	0,37	0,167	0,488	3	0,00	0,00	3,18	2,88	3,03	0,67		
	na ose	1,32	-0,05	-0,023	-0,066	0	0,04	0,01	0,00	0,00	-0,03	-0,01	0,1	
30	od zášypu zima	1,10	-0,27	-0,122	-0,356	3	2,89	3,11	0,00	0,00	-3,00	-0,67		
		0,85	-0,52	-0,235	-0,685	6	6,04	5,94	0,00	0,00	-5,99	-1,33		
		0,72	-0,65	-0,293	-0,857	9	8,85	9,21	0,00	0,00	-9,03	-2,01	0,1	
		1,23	-0,14	-0,063	-0,184	6	6,12	5,88	0,00	0,00	-6,00	-1,33		
		1,68	0,31	0,140	0,409	3	2,96	2,94	0,00	0,00	-2,95	-0,66		
		na ose	2,28	0,91	0,410	1,199	0	0,00	0,00	0,04	0,01	0,03	0,01	0,1
	proti zášypu léto	2,83	1,46	0,658	1,924	3	0,00	0,00	3,11	2,97	3,04	0,68		
		3,74	2,37	1,069	3,123	6	0,00	0,00	6,22	5,94	6,08	1,35		
		4,70	3,33	1,502	4,388	9	0,00	0,00	9,10	8,94	9,02	2,00	0,0	
		2,37	1,00	0,451	1,318	6	0,00	0,00	6,12	5,93	6,03	1,34		
		1,71	0,34	0,153	0,448	3	0,00	0,00	3,13	2,91	3,02	0,67		
		na ose	1,29	-0,08	-0,036	-0,105	0	0,01	0,00	0,00	0,00	-0,01	0,00	0,2

12 PŘÍLOHA 2

Model (1) – nevyztužený zásyp							
Deformace [mm]	Pohyb opěry	Parametry	Čas [min]				
			0	20	40	60	120
3	Proti zemině	Relativní deformace [mm]	2,28	2,25	2,24	2,24	2,23
		Skutečná deformace [mm]	1,24	1,21	1,20	1,20	1,19
		Síla [kN]	0,56	0,55	0,54	0,54	0,54
	Od zeminy	Relativní deformace [mm]	1,17	1,18	1,19	1,20	1,21
		Skutečná deformace [mm]	0,13	0,14	0,15	0,16	0,17
		Síla [kN]	0,06	0,06	0,07	0,07	0,08
6	Proti zemině	Relativní deformace [mm]	3,29	3,18	3,14	3,13	3,12
		Skutečná deformace [mm]	2,25	2,14	2,10	2,09	2,08
		Síla [kN]	1,01	0,97	0,95	0,94	0,94
	Od zeminy	Relativní deformace [mm]	1,07	1,09	1,10	1,11	1,11
		Skutečná deformace [mm]	0,03	0,05	0,06	0,07	0,07
		Síla [kN]	0,01	0,02	0,03	0,03	0,03
9	Proti zemině	Relativní deformace [mm]	4,39	4,27	4,18	4,17	4,15
		Skutečná deformace [mm]	3,35	3,23	3,14	3,13	3,11
		Síla [kN]	1,51	1,46	1,42	1,41	1,40
	Od zeminy	Relativní deformace [mm]	1,01	1,03	1,03	1,04	1,05
		Skutečná deformace [mm]	-0,03	-0,01	-0,01	0,00	0,01
		Síla [kN]	-0,01	0,00	0,00	0,00	0,00

Model (2) – vyztužený zásyp, výztuž nespojená s opěrou							
Deformace [mm]	Pohyb opěry	Parametry	Čas [min]				
			0	20	40	60	120
3	Proti zemině	Relativní deformace [mm]	2,70	2,67	2,65	2,64	2,62
		Skutečná deformace [mm]	1,66	1,63	1,61	1,60	1,58
		Síla [kN]	0,75	0,74	0,73	0,72	0,71
	Od zeminy	Relativní deformace [mm]	1,04	1,05	1,05	1,06	1,06
		Skutečná deformace [mm]	0,00	0,01	0,01	0,02	0,02
		Síla [kN]	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01
6	Proti zemině	Relativní deformace [mm]	3,63	3,60	3,58	3,57	3,55
		Skutečná deformace [mm]	2,59	2,56	2,54	2,53	2,51
		Síla [kN]	1,17	1,15	1,15	1,14	1,13
	Od zeminy	Relativní deformace [mm]	1,05	1,06	1,06	1,07	1,07
		Skutečná deformace [mm]	0,01	0,02	0,02	0,03	0,03
		Síla [kN]	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01
9	Proti zemině	Relativní deformace [mm]	4,16	4,13	4,09	4,06	4,05
		Skutečná deformace [mm]	3,12	3,09	3,05	3,02	3,01
		Síla [kN]	1,41	1,39	1,38	1,36	1,36
	Od zeminy	Relativní deformace [mm]	0,97	1,00	1,00	1,01	1,02
		Skutečná deformace [mm]	-0,07	-0,04	-0,04	-0,03	-0,02
		Síla [kN]	-0,03	-0,02	-0,02	-0,01	-0,01

Model (3) – vyztužený zásyp, výztuž spojená s opěrou							
Deformace [mm]	Pohyb opěry	Parametry	Čas [min]				
			0	20	40	60	120
3	Proti zemině	Relativní deformace [mm]	2,73	2,65	2,63	2,62	2,61
		Skutečná deformace [mm]	1,36	1,28	1,26	1,25	1,24
		Síla [kN]	0,61	0,58	0,57	0,56	0,56
	Od zeminy	Relativní deformace [mm]	0,86	0,90	0,91	0,91	0,92
		Skutečná deformace [mm]	-0,51	-0,47	-0,46	-0,46	-0,45
		Síla [kN]	-0,23	-0,21	-0,21	-0,21	-0,20
6	Proti zemině	Relativní deformace [mm]	3,83	3,73	3,70	3,69	3,67
		Skutečná deformace [mm]	2,46	2,36	2,33	2,32	2,30
		Síla [kN]	1,11	1,06	1,05	1,05	1,04
	Od zeminy	Relativní deformace [mm]	0,75	0,80	0,82	0,82	0,83
		Skutečná deformace [mm]	-0,62	-0,57	-0,55	-0,55	-0,54
		Síla [kN]	-0,28	-0,26	-0,25	-0,25	-0,24
9	Proti zemině	Relativní deformace [mm]	4,70	4,53	4,50	4,48	4,47
		Skutečná deformace [mm]	3,33	3,16	3,13	3,11	3,10
		Síla [kN]	1,50	1,43	1,41	1,40	1,40
	Od zeminy	Relativní deformace [mm]	0,72	0,76	0,77	0,77	0,78
		Skutečná deformace [mm]	-0,65	-0,61	-0,60	-0,60	-0,59
		Síla [kN]	-0,29	-0,28	-0,27	-0,27	-0,27