

Diagnostika mostů s předpjatou nosnou konstrukcí

Objednatel:



Správa železniční dopravní cesty, státní organizace
Dlážděná 1003/7, 110 00 Praha 1 – Nové Město

Zhotovitel:



Fakulta stavební ČVUT v Praze
Thákurova 7, 166 29 Praha 6
Odpovědný řešitel: Ing. Roman Šafář, Ph.D.
Připomínky: Doc. Ing. Vladislav Hrdoušek, CSc.

Protokol o podrobné vizuální prohlídce předpjatého mostu

TÚ 0206 Praha-Vršovice – Praha-Radotín		evid. km 3,007	
Objekt: most	šířá trať	Vžitý název: Chodovská	
Počet otvorů: 1	Počet kolejí na mostě: 1		Elektrizace: ano
Rychlost na mostě/rychlost traťová [km/h]: 75/75 km/h		Traťová třída zatížení s přidruženou rychlostí: D4/75	Datum prohlídky: 21. 10. 2015



Obr. 1 Pohled na most zprava

1. Nosná konstrukce

1.1 Popis

Mostní objekt z roku 1962 převádí jednokolejnou železniční trať Praha-Vršovice – Praha-Radotín přes Chodovskou ulici v Praze. Šířka mostu by umožňovala položení dvou kolejí, na mostě však pouze jedna, umístěná na levé straně mostu. Na pravé straně mostu je travnatá pochozí plocha. Kolej na mostě je směrově přímá a je uložena v kolejovém loži. Kolejové lože na levé straně (u římsy) je částečně otevřené, kolejové lože na pravé straně (u pochozí plochy) je otevřené. Trať je elektrizována.

Chodovská ulice pod mostem je směrově rozdělená, uprostřed ulice je vedena tramvajová trať. Nad trakčním vedením tramvajové trati jsou na dolní ploše nosných konstrukcí připevněny izolační desky.

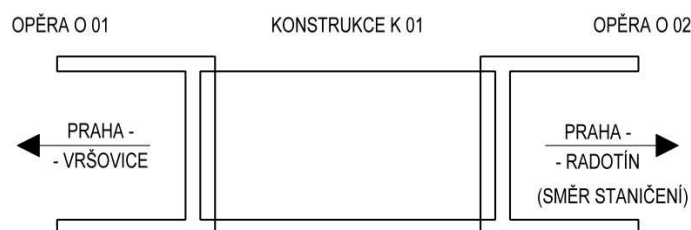
Most má jedno pole, ve kterém jsou vedle sebe prostě uloženy čtyři komorové nosníky z předpjatého betonu. Každý nosník se skládá ze dvou *netypizovaných prefabrikovaných předpjatých „polonosníků“ (I-TR)*, které byly propojeny monoliticky dobetonovanými podélnými spárami v ose horní a dolní desky. Čela nosníků jsou uzavřena monolitickou dobetonávkou, jejíž součástí jsou i okapní „nosy“ pro převedení vody z povrchu mostu za opěry. Rozpětí nosné konstrukce je 30,000 m, celková délka je 32,400 m. Horní povrch nosné konstrukce je ve střechovitém podélném sklonu 2% - výška průřezu uprostřed rozpětí je 1,750 m a v ose uložení na opěrách 1,450 m. Podélné mezery mezi jednotlivými nosníky jsou úzké (široké 40 mm) a neodvodňované.

Na konstrukci jsou monolitické železobetonové konzoly a římsy. Ty mají příčnou dilatační spáru pouze nad opěrou O 02 (s posuvnými ložisky), nad opěrou O 01 (s pevnými ložisky) je v římse jen trhlina, mezilehlé dilatační spáry v římsách ani konzolách nejsou.

Nosné konstrukce jsou uloženy na ocelová ložiska. Pevná ložiska jsou na opěře O 01, posuvná (válcová) ložiska jsou na opěře O 02.



Obr. 2 Pohled na most zleva



Obr. 3 Schéma konstrukce

1.2 Poruchy nosné konstrukce

Nosná konstrukce vykazuje následující poruchy:

- na pravé konzole je větší množství menších trhlin a míst zatékání – závažnost „b“,
- na levé konzole je menší počet míst s výrazným zatékáním – od opěry O 01 ve vzdálenosti 1/5, 1/3 a 4/5 rozpětí – vyskytují se zde vlhké plochy, výluhy pojiva, místy odhalená a korodující výztuž; závažnost „b“,
- na vnějších svislých plochách se místy (zřídka) projevuje koroze betonářské výztuže (nejvíce u příčné výztuže v horní a v dolní přírubě) – Obr. 6, 9 a 10, závažnost „b“,
- na vnějších svislých plochách obou krajních nosníků jsou ve vzdálenosti vždy cca 1/4 rozpětí od obou opěr šikmé trhliny, které stoupají směrem ke koncům konstrukce pod úhlem přibližně 30° od vodorovné; trhliny vypadají přibližně jako smykové – z hlediska „čistého“ smyku by byly poměrně daleko od podpěr, ale trhliny vznikající vlivem hlavního tahu u předpjatých konstrukcí mohou vznikat i v jiné poloze v závislosti na výsledné kombinaci normálového a smykového namáhání, odstupňování předpínací výztuže a případného odstupňování průřezu; další možnou příčinou je zatížení dolní

desky vodou nateklou do komorových nosníků – nosníky jsou kompletně uzavřené a na jejich spodní ploše jsou patrné známky působení vody – viz dále; Obr. 4 až 7, závažnost „c“ až „d“ (bude upřesněno diagnostickým průzkumem),

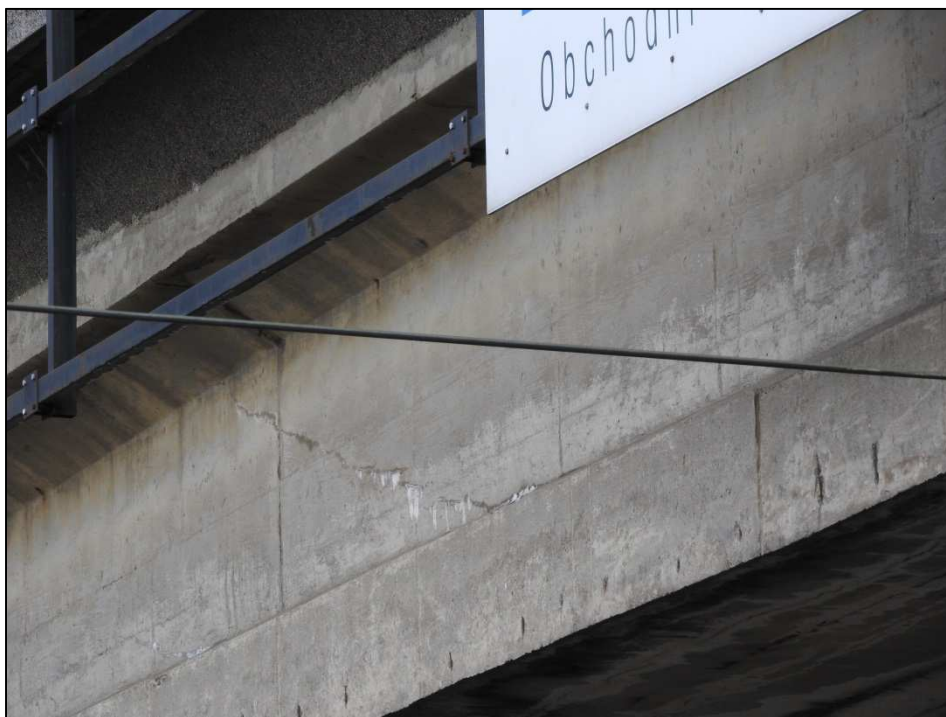
- na dolních přírubách nosníků je větší množství podélných trhlin š. cca 0,1 – 0,2 mm, zejména okolo středu rozpětí; Obr. 7, 9, 10, 13 až 15, závažnost „c“,
- dolní plochy nosných konstrukcí vykazují výrazná poškození – velké množství trhlin šířky cca 0,2 – 0,5 mm, místy i cca 1,0 mm (většinou podélných), rozsáhlé výluhy pojiva (především z uvedených trhlin a z podélných spár mezi prefabrikovanými nosníky a jejich monolitickým propojením), krápníky, degradace betonu (zejména v podélných monolitických spárách), vyskytuje se zde korodující betonářská výztuž; Obr. 8 až 11, závažnost „d“ až „e“ (bude upřesněno průzkumem),
- dolní povrch nosných konstrukcí v blízkosti trakčního vedení tramvajové trati pod mostem je zčernalý (zřejmě od elektrických výbojů) – Obr. 9 až 11, závažnost „b“,
- dolní plochy nosníků jsou poškrábány vozidly, dolní hrany jsou olámaný, místy až k povrchu betonářské výztuže – závažnost „b“,
- na pravé dolní hraně pravého nosníku jsou na dvou místech **odhaleny kabelové kanálky** – ve vzdálenosti asi 1/3 rozpětí a 1/4 rozpětí (zde je poškozen i kanálek a je odhalena přímo předpínací výztuž) od opěry O 02; Obr. 10, 13 až 15, závažnost „e“ (vzhledem k poměrně velkému celkovému počtu narušených kabelových kanálků na mostě),
- na dolní ploše levého krajního nosníku jsou přibližně uprostřed rozpětí (nad tramvajovou tratí) na dvou místech rovněž **odhalené kabelové kanálky**; Obr. 10 až 12, závažnost „e“ (vzhledem k poměrně velkému celkovému počtu narušených kabelových kanálků na mostě),
- ložiska jsou povrchově zkorodovaná a místy zanesená nečistotami – Obr. 20 a 21, závažnost „b“; v době prohlídky byla válcová ložiska přibližně ve střední poloze.



Obr. 4 Šikmá trhlina ve stěně – levá strana nosné konstrukce, ve vzdálenosti asi 1/4 rozpětí od opěry



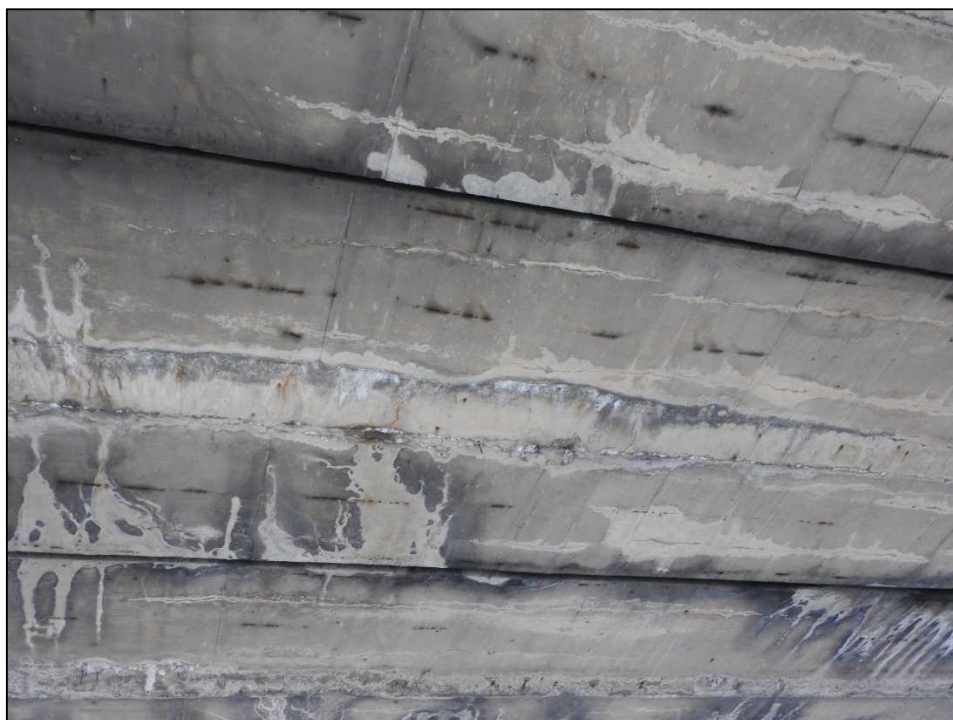
Obr. 5 Šikmé trhliny ve stěně - levá strana nosné konstrukce, ve vzdálenosti asi 1/4 rozpětí od opěry O 01



Obr. 6 Šikmá trhlina ve stěně – pravá strana konstrukce, asi ve vzdálenosti 1/4 rozpětí od opěry O 01



Obr. 7 Šikmá trhlina ve stěně – pravá strana konstrukce, ve vzdálenosti asi 1/4 rozpětí od O 02



Obr. 8 Podhled nosné konstrukce – pohled zprava, ve vzdálenosti asi 1/3 rozpětí od O 01, uprostřed fotografie je druhý nosník zprava



Obr. 9 Podhled nosné konstrukce – pohled zprava, přibližně 1/3 rozpětí od opěry O 01



Obr. 10 Podhled nosné konstrukce – pohled zprava, přibližně 1/3 rozpětí od O 02



Obr. 11 Odhalené kabelové kanálky (na dvou místech) – levá strana nosné konstrukce, nad tramvajovou tratí přibližně uprostřed rozpětí (vlevo je opěra O 02)



Obr. 12 Odhalené kabelové kanálky (na dvou místech) – levá strana nosné konstrukce, nad tramvajovou tratí přibližně uprostřed rozpětí (vlevo je opěra O 02)



Obr. 13 Odhalené kanálky předpínací výztuže – pravá strana nosné konstrukce ve vzdálenosti
přibližně 1/3 rozpětí a 1/4 rozpětí od opěry O 02



Obr. 14 Odhalený kabelový kanálek – pravá strana nosné konstrukce, přibližně ve vzdálenosti 1/3
rozpětí od O 02



Obr. 15 Odhalený kabelový kanálek i předpínací výztuž – pravá strana konstrukce, ve vzdálenosti asi 1/4 rozpětí od O 02



Obr. 16 Levá strana nosné konstrukce – uložení na opěře O 02



Obr. 17 Levá strana nosné konstrukce – uložení na opěře O 01



Obr. 18 Pravá strana nosné konstrukce – uložení na opěře O 01



Obr. 19 Pravá strana nosné konstrukce – uložení na opěře O 02



Obr. 20 Pevná ložiska na opěře O 01 – pohled zleva



Obr. 21 Válcová ložiska na opěře O 02 – pohled zleva

2. Spodní stavba – popis a poruchy

Opěry jsou monolitické, z prostého betonu, úložné prahy jsou železobetonové. Křídla jsou rovnoběžná, zavěšená, železobetonová. Na povrchu opěr i křídel je nanесena vrstva cementové omítky.

Na opěrách jsou patrné známky zatékání dilatačními spárami mezi konzolami a navazujícími křídly (závěrné zdi na mostě nejsou, konstrukce mají okapní „nosy“ přes opěry) – vlhké plochy, výluhy pojiva, rozpad bočních cihelných přízdívek, vegetace; Obr. 16 až 19, 22 a 23, závažnost „b“.

Omítka je porušena sítí trhlin (zejména na opěře O 01) s projevy vlhkosti, místy i s výluhy. Na opěře O 02 se projevuje zatékání z úložného prahu – v místě zatékání v jeho střední části je výrazně vyboulená omítka v ploše asi 0,75 x 0,75 m; Obr. 24, závažnost „f“.



Obr. 22 Opěra O 01 – pohled zleva proti směru staničení



Obr. 23 Opěra O 02 – pohled zprava ve směru staničení



Obr. 24a (vlevo) a 24b (vpravo) Vyboulená omítka v čelní ploše opěry O 01

3. Svršek a vybavení

Na mostě je na levé straně vedena jedna kolej, na pravé straně je místo koleje pochozí travnatá plocha. Kolej má betonové pražce a je uložena v kolejovém loži – na levé straně (u římsy) je kolejové lože částečně otevřené, na pravé straně (u pochozí plochy) je kolejové lože otevřené. Podél římsy vlevo je hloubka žlabu kolejového lože zvětšena svislým plechem u zábradlí. Tloušťka kolejového lože je 0,50 m.

Na mostě jsou monolitické konzoly a římsy. Protože nosné konstrukce mají okapní „nosy“ přes opěry, existují dilatační spáry nad opěrami pouze mezi konzolami a navazujícími křídly; i zde se však projevuje zatékání.

Na levé konzole nejsou patrné mezilehlé příčné dilatační spáry - je zde pouze větší množství míst s menšími trhlinami a projevy zatékání. Na levé konzole jako dilatační spáry vypadají místa ve vzdálenosti cca 1/5, 1/3 a 4/5 rozpětí od opěry O 01, kde se vyskytují výraznější projevy zatékání - vlhké plochy, výluhy pojiva, místy odhalená a korodující výztuž.

Součástí monolitických říms jsou i prostory pro kabelová vedení. Přinejmenším na pravé straně mostu (u pochozí plochy) jsou v tomto prostoru kabely vedeny.

Zábradlí na mostě má sloupky z ocelových nosníků I100; horní madlo, dvě podélné příčle a svislá výplň jsou z ocelových trubek. Sloupky jsou zality v monolitických římsách. Vzdálenost zábradlí od osy koleje je na začátku mostu vlevo asi 2,500 m a vpravo 6,740 m, na konci mostu vlevo 2,380 m a vpravo 6,860 m.

Nad podpěrami je zábradlí přerušeno mezerami, které jsou „přemostěny“ ocelovými pásky. Zábradlí na mostě není od okolí odděleno elektricky izolovaným způsobem. Na zábradlí z obou stran mostu jsou připevněny reklamní poutače.

Povrch mostu je odvodněn pomocí střechovitého podélného sklonu a okapních „nosů“ nosných konstrukcí nad opěrami, za opěrami je kamenná rovnanina. Systém vodotěsné izolace už je zřejmě značně degradován. Na dolních plochách nosných konstrukcí jsou patrná značná poškození, která zřejmě souvisejí se zatékáním – stav by měl být v brzké době ověřen diagnostickým průzkumem, na základě kterého by se rozhodlo o dalším postupu. Závažnost poruch – souvisejících se zatékáním – odpovídá stupni „d“ až „e“.



Obr. 25 Povrch mostu – pohled ve směru staničení

4. Závěr

Mostní konstrukce vykazuje kromě běžných drobnějších poruch o závažnosti „a“ až „b“ (mírnější projevy zatékání, drobnější projevy koroze betonářské výztuže apod.) řadu poruch vážnějších, které jsou zařazeny do stupně závažnosti „c“ až „f“:

- šikmé trhliny ve stěnách nosníků,
- podélné trhliny na dolních přírubách nosníků,
- pravděpodobné zatékání do konstrukce a výrazné poškození dolních ploch nosných konstrukcí,
- odhalení kabelových kanálků a předpínací výztuže,
- vyboulení omítky na opěře O 02 nad chodníkem.

Navržené řešení:

- stav konstrukce by měl být ověřen diagnostickým průzkumem a statickým přepočtem,
- následně by se mělo rozhodnout o dalším postupu – v úvahu přichází jak oprava a zesílení konstrukce, tak – vzhledem k poměrně značným poškozením – i kompletní přestavba (nutno upřesnit průzkumem, přepočtem a porovnáním nákladů, pokud možno celoživotních).

Pokud je poškozená předpínací výztuž (což je nutno při podstatném a dlouhodobém zhoršení protikorozní ochrany nutno předpokládat), je nutno počítat se sníženou únosností konstrukce jak z hlediska jednorázového namáhání, tak i se sníženou odolností proti únavovému namáhání (zejména v případě, že by vlivem redukce tlakové normálové síly v průřezu docházelo k rozevírání trhlin v tažené oblasti betonu a ke zvýšenému rozkmitu namáhání ve výztuži).

Další degradaci konstrukce způsobuje zatékání.

Opravu není nutno provést okamžitě, neměla by však být ani příliš odkládána. V daném případě – vzhledem k poměrně značnému rozsahu poškození konstrukce – by bylo vhodné opravu provést během doby přibližně tří let. Oprava nebo odstranění vyboulené omítky na O 02 nad chodníkem by mělo být provedeno co nejdříve.

5. Poznámky

Podmínky při prohlídce: zataženo, občas déšť, teplota +12 °C. Maximální prodloužení konstrukce vlivem teploty od hodnoty během prohlídky po maximální hodnotu podle EN je cca 9 mm, maximální zkrácení od snížení teploty je cca 11 mm. Další mírné zkrácení nastane v důsledku objemových změn betonu.

Kurzívou psané údaje jsou převzaty od SŽDC.

Směry uvedené v popisu mostu odpovídají směru staničení.

Při popisu poruch byla použita následující stupnice závažnosti:

„a“: porucha není závažná z hlediska provozuschopnosti v současné době a ani se nepředpokládá, že by byla závažná v budoucnosti,

„b“: porucha v současné době není z hlediska provozuschopnosti závažná, ale v budoucnu by mohla být,

„c“: porucha nemá v současné době výrazný vliv na provozuschopnost, ale pokud nebude odstraněna, může dojít k rychlému a podstatnému zhoršení stavu,

„d“: porucha má vliv na provozuschopnost, ale není nutno provádět okamžitá opatření,

„e“: porucha má vliv na provozuschopnost a je nutno provést okamžitá opatření,

„f“: porucha nemá vliv na provozuschopnost a tento vliv se nepředpokládá ani v budoucnosti, porucha však může ohrozit bezpečnost osob.

Poznámka:

odhalené kabelové kanálky a/nebo předpínací výztuž a její kotvy byly u provedených prohlídek zařazeny do stupně závažnosti „d“, protože se na konstrukcích již zřejmě vyskytují delší dobu a s dotčenou předpínací výztuží již tak jako tak obvykle nebude možno do budoucna počítat. U tohoto mostu jsou však z důvodu poškození poměrně značného množství předpínací výztuže zařazeny do stupně „e“. V dohledné době by měl být proveden diagnostický průzkum a přepočet konstrukce.

Pokud se odhalení kanálků a/nebo předpínací výztuže objeví na nějaké konstrukci nově, mělo by být opraveno okamžitě, aby u dotčené předpínací výztuže nedošlo k jejímu znehodnocení.

Oprava konstrukce by u tohoto mostu měla být provedena v čase asi do 3 let. Oprava nebo odstranění vyboulené omítky na O 02 nad chodníkem by mělo být provedeno co nejdříve.

Prohlídku provedl a protokol zpracoval:

Ing. Roman Šafář, Ph.D.



ZKUŠEBNÍ PROTOKOL

č. 210251/2016



Počet výtisků : 4
Výtisk číslo : 1
Počet listů : 39
List číslo : 1

DIAGNOSTIKA MOSTU – CHODOVSKÁ UL. PRAHA

Protokol vypracoval: **doc. Ing. Jiří Litoš, Ph.D.**

Jméno a adresa zákazníka: **ČVUT v Praze – fakulta stavební**
K11133
Thákurova 7, 166 29 Praha 6

Datum vystavení protokolu: 20. října 2016

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
FAKULTA STAVEBNÍ
Experimentální centrum
166 29 Praha 6, Thákurova 7
Prof. Ing. Petr Konvalinka, CSc.

Vedoucí pracoviště

Tento protokol může být reprodukován jedině celý, jeho část pouze s písemným souhlasem zkušební laboratoře. Výsledky zkoušek se týkají výhradně předmětu zkoušky. Veškerá porovnání naměřených hodnot s požadovanými hodnotami jsou uvedena mimo rámec akreditace dle ČSN EN 45001.

ÚDAJE O ZPRACOVATELÍCH

Organizace: ČVUT v Praze, Fakulta stavební
Katedra ocelových a dřevěných konstrukcí – K134
Experimentální centrum – K210
Thákurova 7, Praha 6, 166 29
IČO: 68407700 DIČ: CZ68407700

Předmět měření: DIAGNOSTIKA MOSTU – CHODOVSKÁ

Zkušební postup: dle ujednání s objednatelem, ČSN EN 12 390-3, ČSN EN 12 504-1,
ČSN 73 1317, ČSN EN 14629

Měření provedl: ČVUT v Praze, Fakulta stavební – Experimentální centrum

Místo odběru vzorků: most – Chodovská ul. Praha

Datum provedení měření: 9.8.2016

Jméno pracovníka, který měření provedl: Doc. Ing. Jiří Litoš, Ph.D., Radek Litoš, Jiří Trmal,
Ing. Václav Maršík, Jiří Freylich

Výsledky zkoušek: v protokolu

Anotace

Zpráva uvádí výsledky stavebně technického průzkumu objektu mostu v km 3,007 TÚ 0206 Praha-Vršovice – Praha Radotín v ul. Chodovská. Součástí STP bylo zjištění materiálových charakteristik nosných betonových konstrukcí mostu. Na základě provedených měření byla zjištěna pevnost betonu v tlaku destruktivně i nedestruktivně, úroveň karbonatace betonu, obsah chloridů v betonu, uspořádání betonářské i předpínací výztuže včetně měření pevnosti ocelových prvků a odbourání koncové monolitické dobetonávky.

Zprávu vypracovali pracovníci Experimentálního centra, které je akreditovaným pracovištěm (Osvědčení o akreditaci č. 528/2015 – zkušební laboratoř č. 1048, osvědčení vydal ČIA – Praha dle ČSN EN ISO/IEC 17025:2005) v oblasti zkoušení zemin, stavebních materiálů, výrobků, konstrukcí a objektů. Všechny zkoušky a měření jsou prováděny dle platných norem a předpisů, nebo dle dohodnutého programu s objednatelem.

Obsah

Anotace	3
Úvod	5
Podklady	5
Popis konstrukce	6
Charakteristika mostu v km 3,007 TÚ 0206 Praha-Vršovice – Praha Radotín v ul. Chodovská	6
Použité přístroje a vybavení	6
Použité postupy a metody	7
Studium podkladů a vizuální prohlídka objektu.....	7
Měření pevnosti betonu v tlaku destruktivní metodou	7
Nedestruktivní zjištění pevnosti betonu v tlaku	7
Vyhodnocení koncentrace chloridů ve výluhu.....	7
Nedestruktivní zjištění polohy betonářské výztuže.....	7
Destruktivní zjištění betonářské výztuže	8
Zjištění pevnosti oceli v tahu.....	8
Experimentální část	9
Zjištění materiálových charakteristik nosných konstrukcí	10
Vizuální prohlídka a studium podkladů.....	10
Jádrové vývrty a zjištění pevnosti betonu v tlaku	10
Nedestruktivní zjištění pevnosti betonu v tlaku	11
Zjištění úrovně karbonatace betonu	12
Zjištění koncentrace chloridů v betonu.....	13
Diagnostika betonářské výztuže.....	14

Zjištění pevnosti betonářské výztuže v tahu.....	16
Zjištění pevnosti předpínací výztuže v tahu.....	17
Odhalení kotev předpínací výztuže	18
Přílohová část	19
Seznam jednotlivých příloh:	19

Úvod

Stavebně technický průzkum mostu v km 3,007 TÚ 0206 Praha-Vršovice – Praha Radotín v ul. Chodovská byl vypracován v rámci „Diagnostiky mostů s předpjatou nosnou konstrukcí pro SŽDC“. Cílem průzkumu bylo zjištění aktuálního stavu betonových konstrukcí včetně materiálových charakteristik zjištěných na odebraných vzorcích.

V rámci stavebně technického průzkumu byly provedeny následující úkony:

- Studium dostupných podkladů
- Vizuální prohlídka objektu
- Nedestruktivní zjištění pevnosti betonu pomocí Schmidtova kladívka
- Provedení jádrových vývrtů do nosníků mostu
- Zjištění pevnosti betonu v tlaku nosných konstrukcí včetně měření objemové hmotnosti
- Zjištění obsahu chloridů v betonu
- Zjištění úrovně karbonatace betonu
- Zjištění polohy a krytí betonářské výztuže
- Zjištění pevnosti betonářské výztuže
- Zjištění polohy a krytí předpínací výztuže
- Zjištění pevnosti předpínací výztuže
- Fotografická dokumentace a zpracování zprávy

Podklady

Použité normy:

ČSN 73 1317 – Stanovení pevnosti betonu v tlaku.

ČSN EN 12 390-3 – Zkoušení ztvrdlého betonu - Část 3: Pevnost v tlaku zkušebních těles.

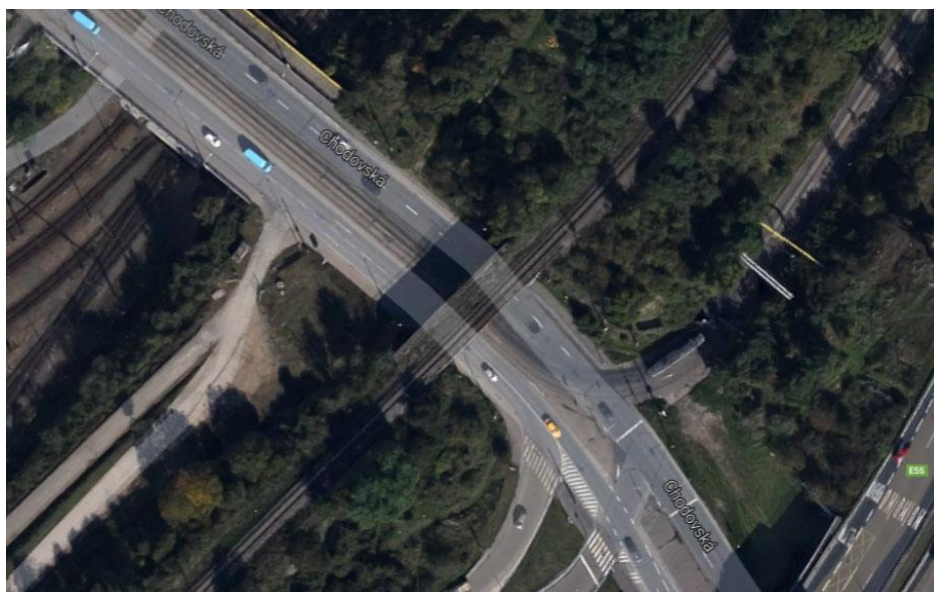
ČSN EN 12 504-1 – Zkoušení betonu v konstrukcích - Část 1: Vývrtý – Odběr, vyšetření a zkoušení v tlaku.

ČSN EN 14629 – Výrobky a systémy pro ochranu a opravy betonových konstrukcí - Zkušební metody - Stanovení obsahu chloridů v zatvrdlém betonu

Popis konstrukce

Charakteristika mostu v km 3,007 TÚ 0206 Praha-Vršovice – Praha Radotín v ul. Chodovská

Předmětem provádění diagnostických prací byl železniční most na trati Praha-Vršovice – Praha-Radotín TÚ 0206 v km 3,007. Most se nachází v Praze, kde převádí železniční trať přes pozemní komunikaci - Chodovskou ulici. Most má jedno pole, ve kterém jsou vedle sebe prostě uloženy čtyři komorové nosníky z předpjatého betonu. Každý nosník se skládá ze dvou netypizovaných prefabrikovaných předpjatých „polonosníků“ (I-TR), které byly propojeny monoliticky dobetonovanými podélnými spárami v ose horní a dolní desky. Rozpětí nosné konstrukce je 30,000 m, celková délka je 32,400 m. Na konstrukci jsou monolitické železobetonové konzoly a římsy. Ty mají příčnou dilatační spáru pouze nad opěrou O 02 (s posuvnými ložisky), nad opěrou O 01 (s pevnými ložisky) je v římsě jen trhlina, mezilehlé dilatační spáry v římsách ani konzolách nejsou. Nosné konstrukce jsou uloženy na ocelová ložiska. Pevná ložiska jsou na opěře O 01, posuvná (válcová) ložiska jsou na opěře O 02.



Obr. 1: Letecký pohled na zkoumaný most

Použité přístroje a vybavení

V rámci stavebně technického průzkumu byly použity následující přístroje a vybavení laboratoří stavební fakulty ČVUT:

- Jádrový vrtací systém Hilti DD130
- Vrtací kladiva Hilti TE 7-C
- Schmidtovo kladívko Proceq SilverSchmidt type L
- Detekční přístroj pro vyhledávání výztuže Proceq Profoscope
- Zkušební lis MTS100
- Přesné váhy AND EW 12Ki
- Zkušební zatěžovací systém Inova 2500kN
- Pomocné nástroje a nářadí

Použité postupy a metody

Studium podkladů a vizuální prohlídka objektu

Vizuální prohlídka je nedílnou součástí každého průzkumu a sloužila k výběru nejvhodnějších metod a k výběru zkoumaných míst konstrukce.

Měření pevnosti betonu v tlaku destruktivní metodou

Struktura, objemová hmotnost a pevnost betonu v tlaku byla zjišťována na jádrových vývrtech - o průměru 74 mm - odebraných z částí mostu. Zkoušky pevnosti betonu v tlaku jádrových vrtů byly provedeny na stavební fakultě ČVUT ve zkušební laboratoři D072 a na zatěžovacím stroji Inova s rozsahem 0 – 2500 kN. Vzorky byly nejprve upravené na řezačce z důvodu zarovnání dosedacích ploch pro zkoušku v tlaku a bylo provedeno měření objemové hmotnosti. Následně byly vzorky ještě zakončovány pomocí cementové pasty. Pak následovala samotná zkouška v tlaku zatěžovacím lisem. Výsledkem zkoušek je válcová pevnost betonu v tlaku dle ČSN 73 1317. Na zkušebních vzorcích je nutné sledovat i způsob porušení, aby skutečně došlo k porušení tlakem a nikoli smykem či příčným tahem. Nesprávně porušená tělesa vykazují obvykle velmi nízké pevnosti a takové výsledky je nutno vyřadit z vyhodnocení. Výsledky jsou uvedeny v Tab. 1 a v příloze.

Nedestruktivní zjištění pevnosti betonu v tlaku

Součástí stavebního průzkumu železobetonových konstrukcí bylo nedestruktivní měření pevnosti betonu pomocí Schmidtova kladívka. Každé zkušební místo bylo před samotnou zkouškou zbroušeno z důvodu odstranění povrchové vrstvy, která by mohla negativně ovlivnit výsledky. V každém měřeném místě bylo provedeno celkem 12 úderů Schmidtovým kladívkem, kdy výsledek udává vždy průměrnou hodnotu z těchto měření.

Vyhodnocení koncentrace chloridů ve výluhu

Pro zjištění koncentrace chloridů v betonu byly z konstrukce odebrány jádrové vývrty o průměru 54 mm do hloubky větší než 25 mm. Samotné jádrové vývrty byly rozděleny pomocí řezačky na tenké plátky o tloušťce od 3 do 7 mm.

Takto získané vzorky betonu byly nadrceny a rozemlety, vysušeny při 110°C do ustálené hmotnosti. Z každého reprezentativního vzorku bylo naváženo přibližně 10g cementového kamene do váženky a přelito 100 ml vroucí destilované vody. Váženky byly parotěsně izolovány páskou a umístěny do vyhřívané třepačky. Zde byly suspenze při teplotě 80°C intenzivně promíchávány 48 hodin.

Analýza chloridů: Koncentrace chloridů byla stanovena potenciometrickou metodou přístrojem pH/ION 340i pomocí ISE citlivé na Cl⁻. Přesná koncentrace Cl⁻ v mg/l roztoku byla stanovena pomocí tří kalibračních roztoků. Výsledky jsou uvedeny v Tab. 2 a v příloze.

Nedestruktivní zjištění polohy betonářské výztuže

Nedestruktivní určení polohy betonářské výztuže je další součástí diagnostiky konstrukcí. Z měření je možné nedestruktivně zjistit přibližnou polohu výztuže a její krytí. Sledování polohy betonářské výztuže bylo provedeno na nosné konstrukci v oblastech, ke kterým byl možný přístup – ze spodní části či z boku nosníků. Měření bylo provedeno pomocí přístroje Proceq Profoscope. Nalezená výztuž byla na povrchu označena pomocí lihových popisovačů.

Destruktivní zjištění betonářské výztuže

Stav druh a poloha výztuže zjištěná destruktivní metodou byla provedena pomocí sond do konstrukce za použití bouracího kladiva Hilti TE 7-C. Pomocí nástroje byla odstraněna krycí vrstva betonu a odhalena betonářská výztuž. Následně byl zhodnocen stav, počet a dimenze použité výztuže.

Zjištění pevnosti oceli v tahu

Pevnost oceli v tahu byla zjišťována na vzorcích odebraných v dostatečné délce z konstrukce mostu. Zkoušky pevnosti betonářské a předpínací výztuže v tahu byly provedeny na stavební fakultě ČVUT ve zkušební laboratoři D072 a na zatěžovacím stroji MTS s rozsahem 0 – 100 kN. Vzorky byly nejprve upravené na soustruhu z důvodu oslabení zkoušené části výztuže tzv. dog-bone. Pak následovala samotná zkouška v tahu zatěžovacím lisem. Výsledkem zkoušek je pevnost oceli v tahu dle ČSN 42 0139. Výsledky jsou uvedeny v tabulkách a v příloze.

[illegible]

9

Zjištění materiálových charakteristik nosných konstrukcí

Vizuální prohlídka a studium podkladů

V rámci stavebně technického průzkumu byla nejprve provedena vizuální prohlídka celého objektu. Vizuální prohlídkou byla určena místa pro jádrové vývrtky.

Jádrové vývrtky a zjištění pevnosti betonu v tlaku

Pro získání přehledu materiálových charakteristik byly z předpjatých nosníků odebrány tři jádrové vývrtky (značené N1 – N3) a z monolitických zálivek mezi nosníky rovněž tři jádrové vývrtky (značené Z1 – Z3). Kromě měření pevnosti betonu v tlaku, byly vzorky použity též ke zjištění hloubky karbonatce a pro zjištění objemové hmotnosti použitého betonu.

Všechny provedené jádrové vývrtky měly pro zkoušku betonu v tlaku průměr 74 mm.

Vizuálně vyhlížely odvrtné vzorky - z hlediska kvality betonu - jako velmi kvalitní a kompaktní s rovnoměrným rozložením kameniva bez vzduchových pórů.



Obr. 4: Odebrané a zakoncované jádrové vývrtky pro zkoušku betonu v tlaku

Všechny jádrové vývrtky určené pro zkoušky betonu v tlaku byly vedeny do hloubky cca 0,3 m. Na zakoncovaných částech vývrtů pak byla destruktivní metodou zjišťována pevnost betonu v tlaku. Následující tabulka uvádí přehled jednotlivých pevností betonových vzorků. Podrobnosti jednotlivých vývrtů viz příloha.

Tab. 1: Naměřené pevnosti betonu v tlaku (průměr všech vzorků byl 74 mm)

Vzorek č.	Rozměr [mm] výška	Hmotnost [kg]	Obj. hmotnost [kg.m ⁻³]	Síla [kN]	Pevnost v tlaku [MPa]
Z1	106.3	1.062	2324	162.8	35.6
Z2	96.2	0.984	2379	159.6	34.2
Z3	98.8	1.004	2364	142.7	30.5
N1	97.0	0.985	2363	126.8	27.1
N2	99.7	1.023	2386	125.1	26.8
N3	96.7	1.000	2406	274.4	58.7

Objemová hmotnost betonu

- Průměrná objemová hmotnost vzorků je 2370 kg/m^3
- min. hodnota je 2324 kg/m^3 a max. hodnota je 2406 kg/m^3 .

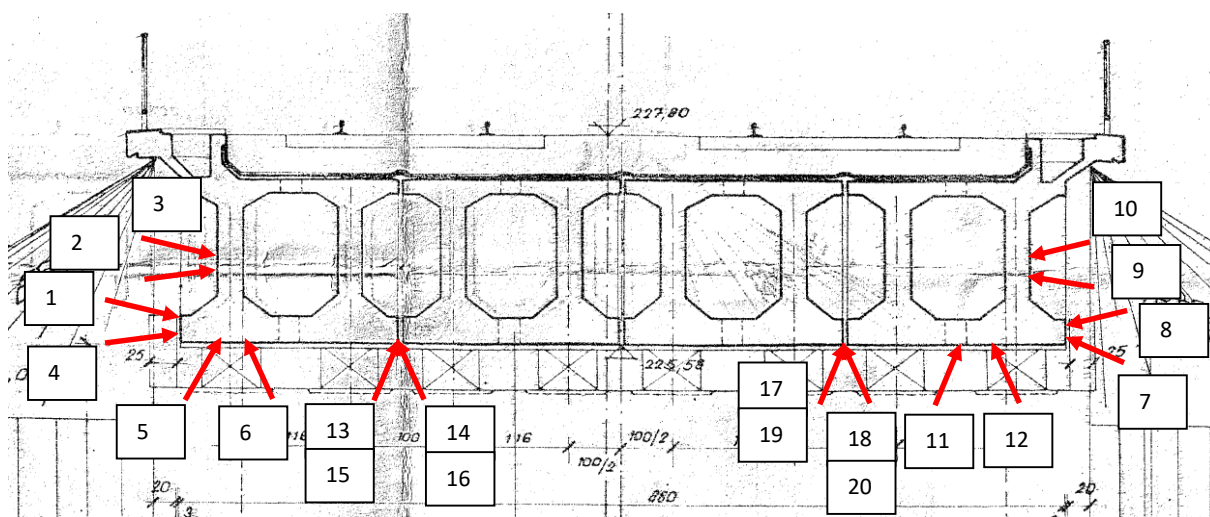
Pevnost betonu v tlaku

- Průměrná pevnost betonu v tlaku vzorků je $35,5 \text{ MPa}$
- min. hodnota je $26,8 \text{ MPa}$ a max. hodnota je $58,7 \text{ MPa}$.

Výsledky destruktivních zkoušek vycházejí oproti nedestruktivním zkouškám (viz následující kapitola) velmi nízké. Tento rozdíl je patrně způsoben mechanickým koncováním jádrových vývrtů. Po bližším zkoumání bylo zjištěno, že použitá pila vykazovala vyšší vibrace zapříčiněné vadným ložiskem a vzorky byly zejména při dořezávání poškozeny. Následné koncování pomocí cementové malty se ukázalo jako nedostatečné. V tomto případě jsou pravděpodobně blíže k reálným hodnotám výsledky nedestruktivních zkoušek.

Nedestruktivní zjištění pevnosti betonu v tlaku

Součástí stavebního průzkumu železobetonových konstrukcí bylo nedestruktivní měření pevnosti betonu pomocí Schmidtova kladívka. Výsledky jednotlivých měření udává následující tabulka. Všechna měření probíhala cca 2500 – 3000 mm od vršovické opěry a to předpjatých nosníků i monolitických zálivek.



Obr. 5: Schéma měření míst pomocí Schmidtova kladívka (cca 3000 mm od vršovické opěry)

Tab. 2: Naměřené pevnosti pomocí NDT metody

Předepnuté nosníky								
Číslo měření	1	2	3	4	5	6	7	8
Naměřená průměrná hodnota	65,6	69,2	68,3	64,6	66,2	69,5	66,2	64,7
Číslo měření	9	10	11	12				
Naměřená průměrná hodnota	68,6	69,3	67,2	66,6				

Monolitická zálivka								
Číslo měření	13	14	15	16	17	18	19	20
Naměřená průměrná hodnota	73,0	71,8	72,8	71,9	72,6	72,2	72,9	72,0

Zjištění úrovně karbonatace betonu

Další zkouškou bylo zjištění úrovně karbonatace betonu na získaných jádrových vývrtech. Tato zkouška byla provedena ještě před úpravou vzorků pro zkoušku pevnosti betonu v tlaku. Úroveň karbonatace byla zjišťována za pomoci roztoku fenolftaleinu rozpuštěného v lihu. Podle zabarvení zkoušeného vzorku po aplikaci tohoto roztoku byla určena hloubka (úroveň) karbonatace viz Tab. 3 a Obr.6.

Tab. 3: Naměřené hloubky karbonatace

Vzorek č.	Hloubka karbonatace [mm]
Z1	2
Z2	3
N1	3
N2	1
N4	1
N5	2

Úroveň karbonatace

- u všech vzorků byla zjištěna karbonatace betonu v hloubkách max. do 3 mm.



Obr. 6: Zjišťování úrovně karbonatace betonu

Zjištění koncentrace chloridů v betonu

Koncentrace chloridů byla stanovena potenciometrickou metodou přístrojem pH/ION 340i pomocí ISE citlivé na Cl^- . Přesná koncentrace Cl^- v mg/l roztoku byla stanovena pomocí tří kalibračních roztoků. Výsledky jsou uvedeny v následující Tab. 4.

Jádrové vývrty značené písmenem Z představovaly vzorky odebrané z monolitické zálivky mezi nosníky a vývrty značené písmenem N reprezentovaly vzorky z předpjatých nosníků

Tab. 4: Koncentrace chloridů v betonu

Vzorek č. Z4	Maximální obsah Cl^- k hmotnosti cementu [%]	Koncentrace (mg/g vzorku)
Hloubka 0-3 mm	0,11	1,10
Hloubka 3-7 mm	0,08	0,81
Hloubka 7-12 mm	0,08	0,78
Hloubka 12-18 mm	0,07	0,72
Hloubka 18-25 mm	0,03	0,29

Vzorek č. Z5	Maximální obsah Cl^- k hmotnosti cementu [%]	Koncentrace (mg/g vzorku)
Hloubka 0-3 mm	0,09	0,88
Hloubka 3-7 mm	0,07	0,67
Hloubka 7-12 mm	0,07	0,66
Hloubka 12-18 mm	0,05	0,51
Hloubka 18-25 mm	0,02	0,22

Vzorek č. N4	Maximální obsah Cl^- k hmotnosti cementu [%]	Koncentrace (mg/g vzorku)
Hloubka 0-3 mm	0,07	0,69
Hloubka 3-7 mm	0,05	0,47
Hloubka 7-12 mm	0,05	0,46
Hloubka 12-18 mm	0,03	0,33
Hloubka 18-25 mm	0,02	0,19

Vzorek č. N5	Maximální obsah Cl^- k hmotnosti cementu [%]	Koncentrace (mg/g vzorku)
Hloubka 0-3 mm	0,06	0,58
Hloubka 3-7 mm	0,06	0,56

Hloubka 7-12 mm	0,05	0,51
Hloubka 12-18 mm	0,03	0,31
Hloubka 18-25 mm	0,01	0,12

Hodnoty obsahu chloridů uvedené v tabulce jsou hodnoty maximální. Dle ČSN EN 206-1 nepřekračují naměřené hodnoty (max. 0,2% Cl⁻ k hmotnosti cementu) hraniční hodnotu 0,4%.

Diagnostika betonářské výztuže

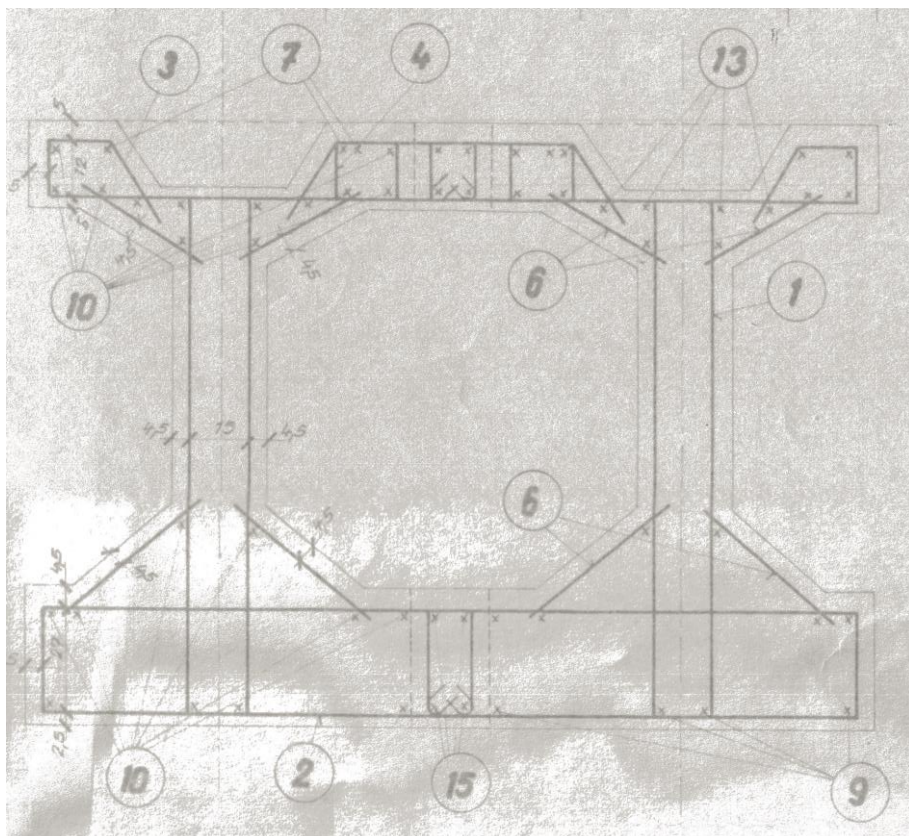
Nedestruktivní určení polohy výztuže bylo provedeno na 30 místech nosné konstrukce v oblastech uvedených na obr. 7-10, tedy v oblasti vršovické podpěry. Měření bylo provedeno pomocí přístroje Proceq Profoscope. Nalezená výztuž byla na povrchu označena pomocí lihových popisovačů. Po podrobném prostudování projektové dokumentace lze konstatovat, že nalezená betonářská výztuž a její poloha odpovídá původnímu projektu.

Krytí nalezené příčné výztuže pomocí přístroje Proceq se pohybovalo v rozmezí 2 – 15 mm. Krytí podélné betonářské výztuže se pohybovalo v hodnotách 10 – 24 mm.

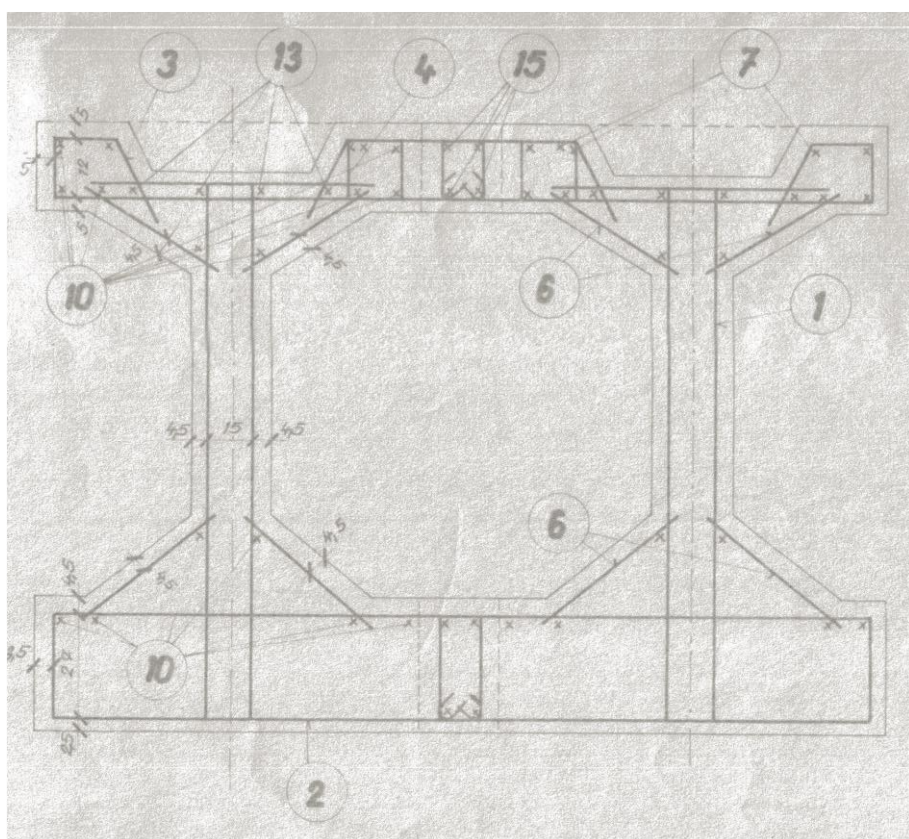
Podélná betonářská výztuž značená na obr. 8 číslem 9 má být dle projektu R14. Odběrem byla zjištěna výztuž Roxor o rozměrech 8x8 mm (vnější průměr 10 mm). Příčná betonářská výztuž značená na obr. 8 a 9 číslem 2 má být dle projektu R12, ale rovněž byla oběrem zjištěna výztuž Roxor o rozměrech 8x8 mm (vnější průměr 10 mm) - viz obr. 10 a 11.



Obr. 7: Označení zkoumaných míst – diagnostikovaných ploch



Obr. 8: Betonářská výztuž 1500 mm od podpory



Obr. 9: Betonářská výztuž 3000 mm od podpory



Obr. 10: Odhalená podélná i příčná betonářská výztuž a kanálek pro předpínací výztuž

Zjištění pevnosti betonářské výztuže v tahu

Pro získání přehledu materiálových charakteristik betonářské konstrukční výztuže byly z předpjatých nosníků odebrány čtyři vzorky výztuže typu Roxor o rozměrech 8x8 mm v délce cca 400 mm. Pak následovala samotná zkouška v tahu zatěžovacím lisem. Výsledkem zkoušek je pevnost oceli v tahu dle ČSN 42 0139. Výsledky jsou uvedeny v následující tabulce.

Vizuálně vyhlížely všechny odebrané pruty jako velmi zachovalé bez závažnějšího hloubkového narušení koroze a to i u prutů, které byly prokresleny do povrchu konstrukce nosníků.

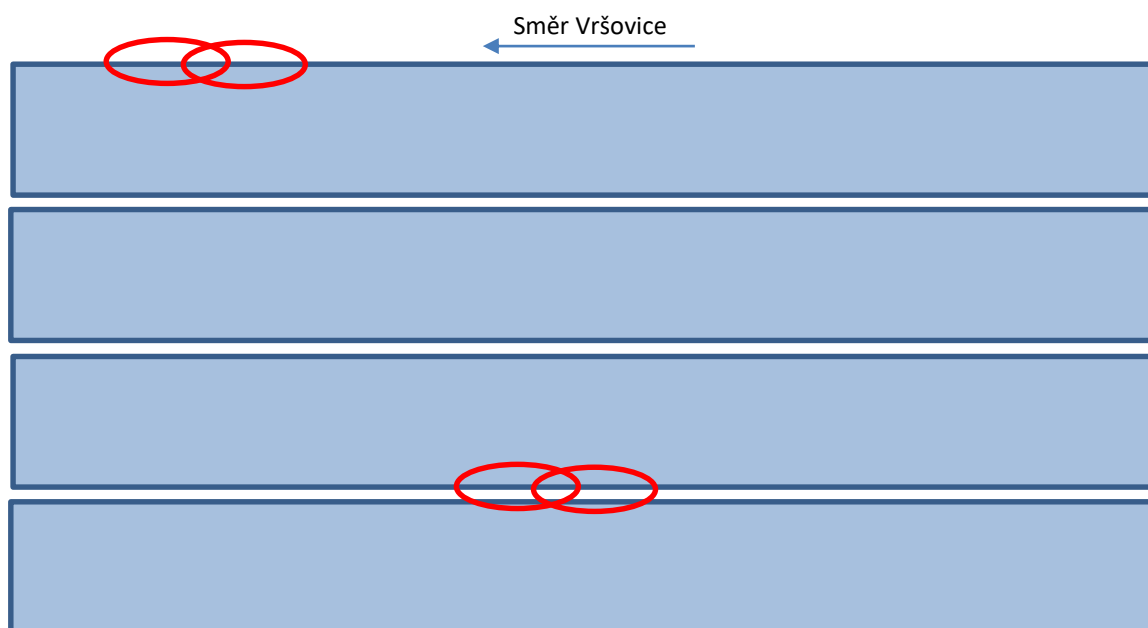
Tab. 5: Naměřené pevnosti betonářské výztuže v tahu

Vzorek č.	Rozměr [mm] průměr	Plocha průřezu [mm ²]	Síla při přetržení [kN]	Pevnost v tahu [Mpa]
Bv1	8,0	48	30,0	625
Bv2	8,0	48	29,5	615
Bv3	8,0	48	26,4	550
Bv4	8,0	48	30,5	635

Průměr všech odebraných prutů betonářské výztuže byl 8x8 mm – vnější průměr 10 mm (viz obr. 11).



Obr. 11: Vzorky betonářské oceli po zkoušce v tahu



Obr. 12: Označení míst odběru vzorků betonářské výztuže pro zkoušku v tahu

Zjištění pevnosti předpínací výztuže v tahu

Pro získání přehledu materiálových charakteristik předpínací výztuže bylo z předpjatých nosníků odebráno pět vzorků o průměru 4,5 mm v délce cca 400 mm. Pak následovala samotná zkouška v tahu zatěžovacím lisem. Výsledkem zkoušek je pevnost oceli v tahu dle ČSN 42 0139. Výsledky jsou uvedeny v následující tabulce.

Vizuálně vyhlížely všechny odebrané pruty předpínací výztuže bez hloubkového narušení korozí a to i u prutů, které byly v obnažených kanálcích narušených povrchovou korozí.

Tab. 6: Naměřené pevnosti předpínací výztuže v tahu

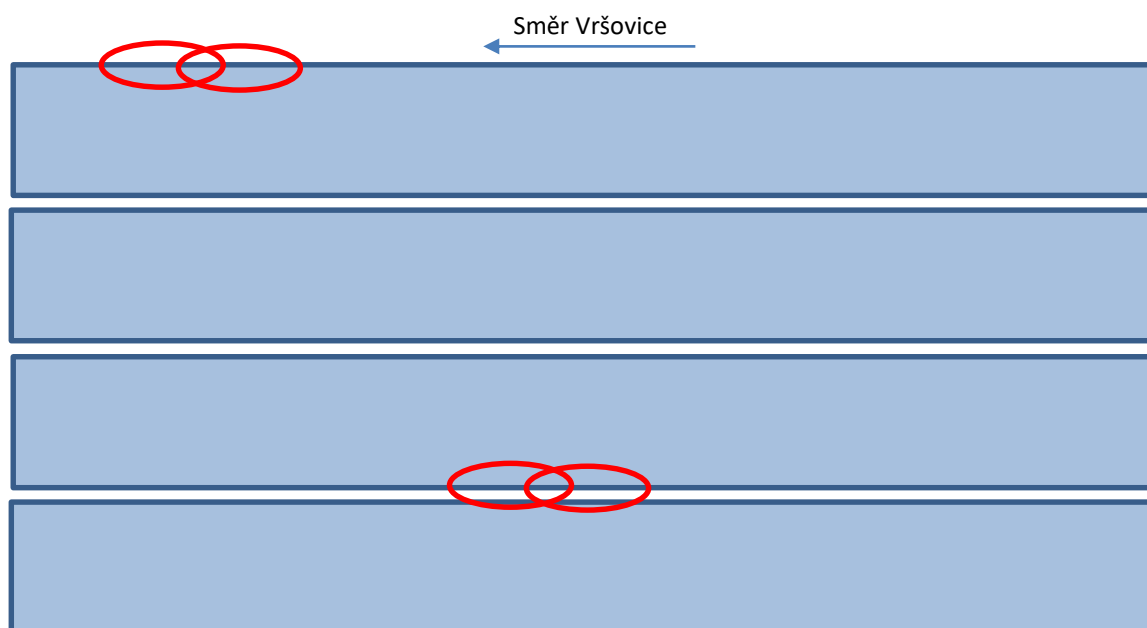
Vzorek č.	Rozměr [mm] průměr	Plocha průřezu [mm ²]	Síla při přetržení [kN]	Pevnost v tahu [Mpa]
Pv1	4,5	15,896	28,6	1799
Pv2	4,5	15,896	27,6	1736

Pv3	4,5	15,896	28,2	1774
Pv4	4,5	15,896	28,4	1787
Pv5	4,5	15,896	28,3	1780

Průměr všech odebraných prutů předpínací výztuže byl 4,5 mm (viz obr. 13).



Obr. 13: Vzorky předpínací výztuže po zkoušce v tahu



Obr. 14: Označení míst odběru vzorků předpínací výztuže pro zkoušku v tahu

Odhalení kotev předpínací výztuže

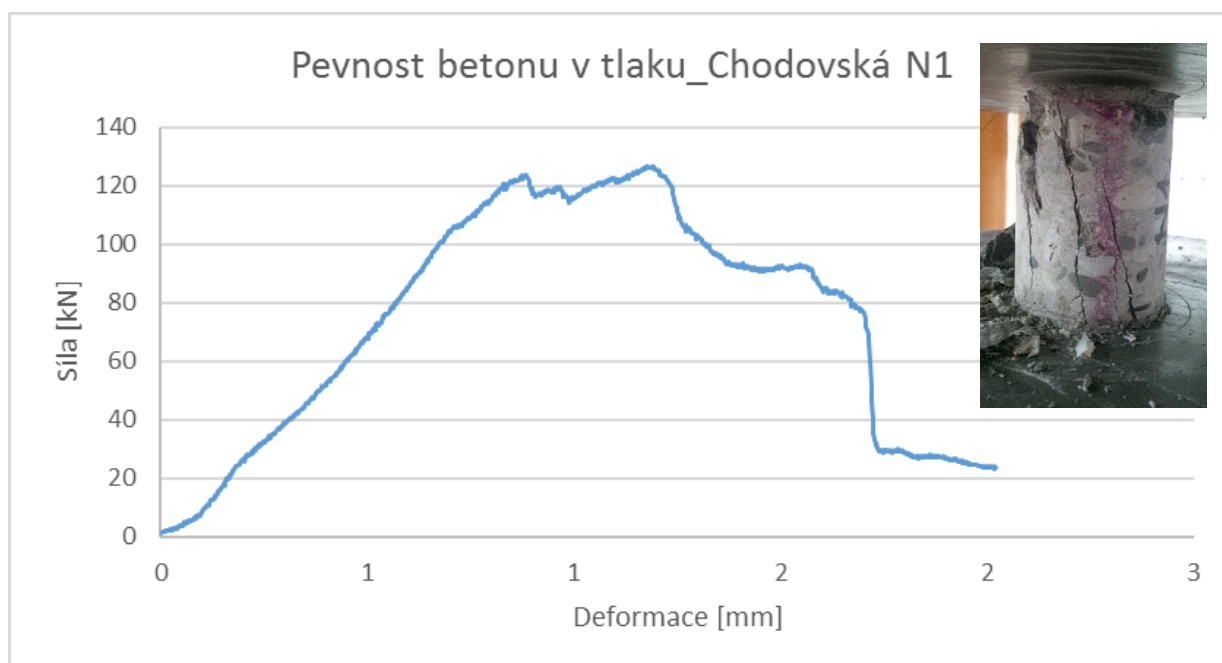
Součástí diagnostických postupů bylo i odbourání monolitické dobetonávky a odhalení kotev předpínací výztuže. Vzhledem ke stavu dobetonávek, které nejevily žádné degradační porušení, bylo od tohoto záměru upuštěno. Předpokládá se tedy, že ani kotvy předpínací výztuže nebudou zasaženy korozí.

Přílohová část

Seznam jednotlivých příloh:

Jádrový vývrt N1	str. 20
Jádrový vývrt N2	str. 21
Jádrový vývrt N3	str. 22
Jádrový vývrt Z1	str. 23
Jádrový vývrt Z2	str. 24
Jádrový vývrt Z3	str. 25
Betonářská výztuž Bv1	str. 26
Betonářská výztuž Bv2	str. 27
Betonářská výztuž Bv3	str. 28
Betonářská výztuž Bv4	str. 29
Předpínací výztuž Pv1	str. 30
Předpínací výztuž Pv2	str. 31
Předpínací výztuž Pv3	str. 32
Předpínací výztuž Pv4	str. 33
Předpínací výztuž Pv5	str. 34
Fotodokumentace z odběru vzorků	str. 35

Název a označení prvku / sondy	Jádrový vývrt N1
Rozměry prvku / sondy	Průměr vzorku 74 mm



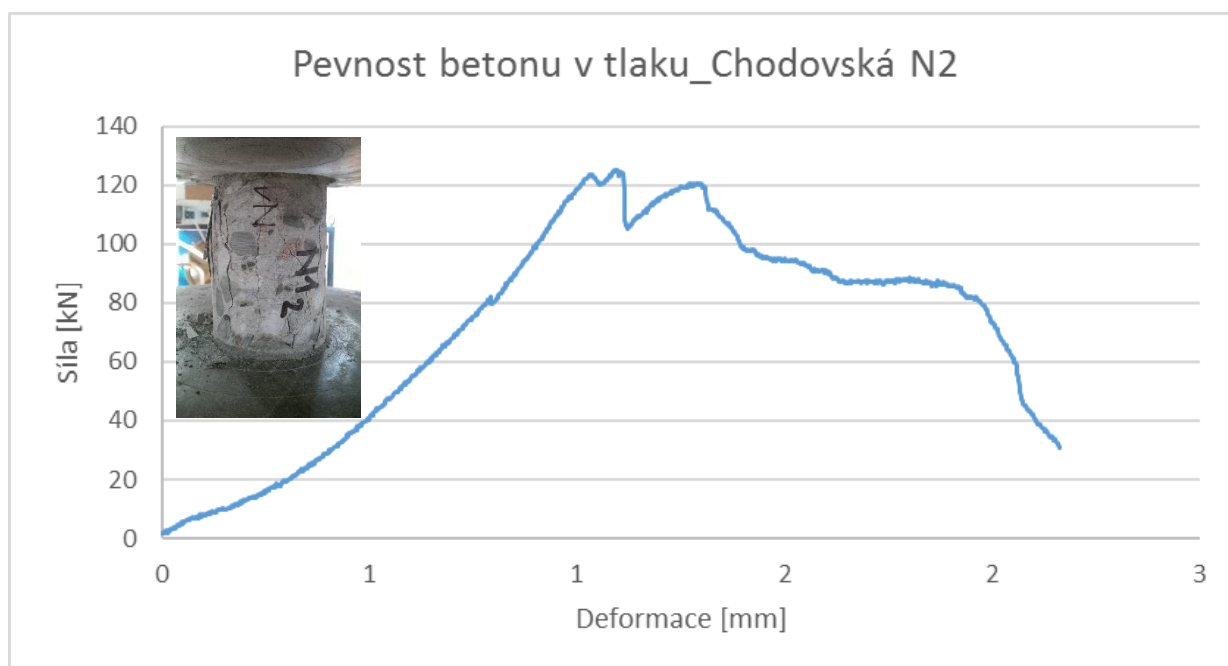
Obr. P1: Pevnost betonu v tlaku - vzorek N1

Vizuálně vyhlížel odvrtný vzorek - z hlediska kvality betonu - jako kompaktní a s rovnoměrným rozložením kameniva bez vzduchových pórů.

Tab. P1: Materiálové charakteristiky vzorku N1

	hodnota	jednotky
Úroveň karbonatace	3	mm
Objemová hmotnost	2363	Kg/m ³
Pevnost betonu v tlaku	27,1	MPa

Název a označení prvku / sondy	Jádrový vývrt N2
Rozměry prvku / sondy	Průměr vzorku 74 mm



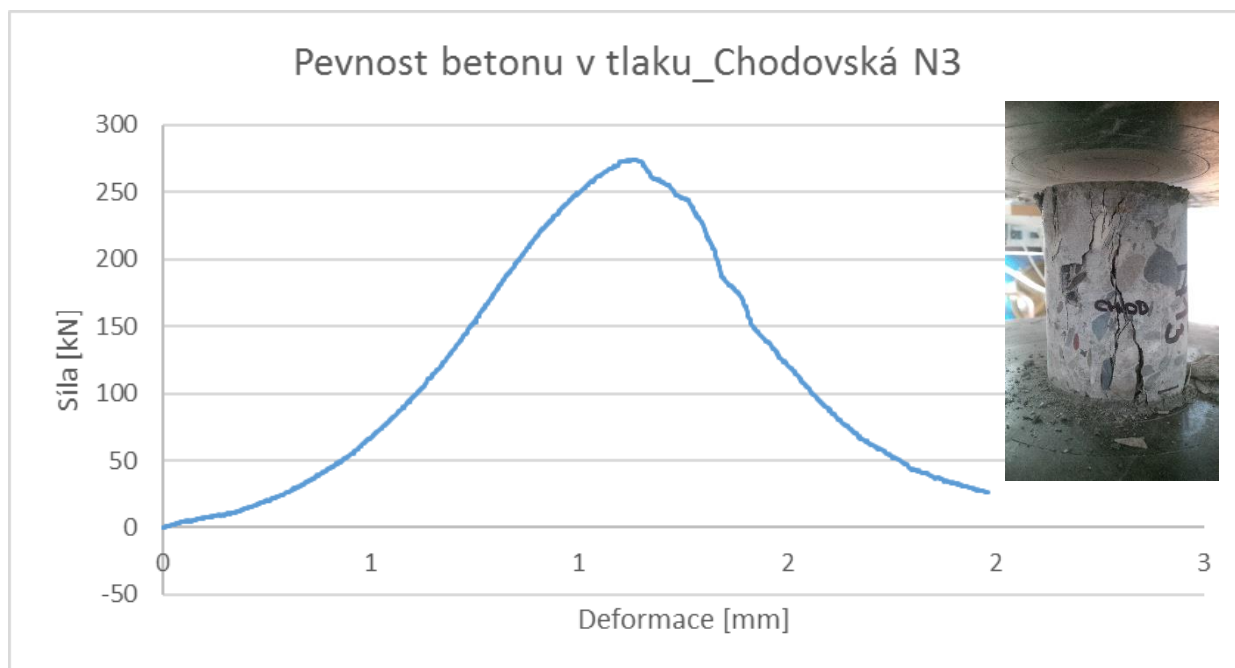
Obr. P2: Pevnost betonu v tlaku - vzorek N2

Vizuálně vyhlížel odvrtaný vzorek - z hlediska kvality betonu - jako kompaktní a s rovnoměrným rozložením kameniva bez vzduchových pórů.

Tab. P2: Materiálové charakteristiky vzorku N2

	hodnota	jednotky
Úroveň karbonatace	1	mm
Objemová hmotnost	2386	Kg/m ³
Pevnost betonu v tlaku	26,8	MPa

Název a označení prvku / sondy	Jádrový vývrt N3
Rozměry prvku / sondy	Průměr vzorku 74 mm



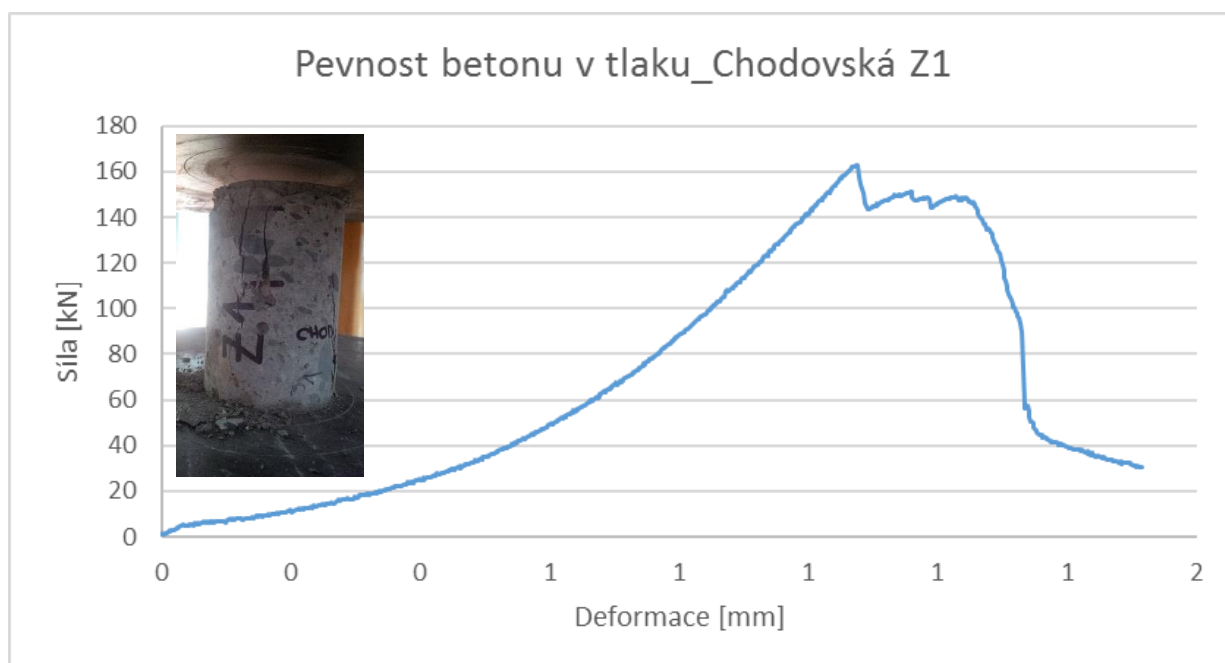
Obr. P3: Pevnost betonu v tlaku - vzorek N3

Vizuálně vyhlížel odvrtný vzorek - z hlediska kvality betonu - jako kompaktní a s rovnoměrným rozložením kameniva bez vzduchových pórů.

Tab. P3: Materiálové charakteristiky vzorku N3

	hodnota	jednotky
Úroveň karbonatace	1	mm
Objemová hmotnost	2406	Kg/m ³
Pevnost betonu v tlaku	58,7	MPa

Název a označení prvku / sondy	Jádrový vývrt Z1
Rozměry prvku / sondy	Průměr vzorku 74 mm



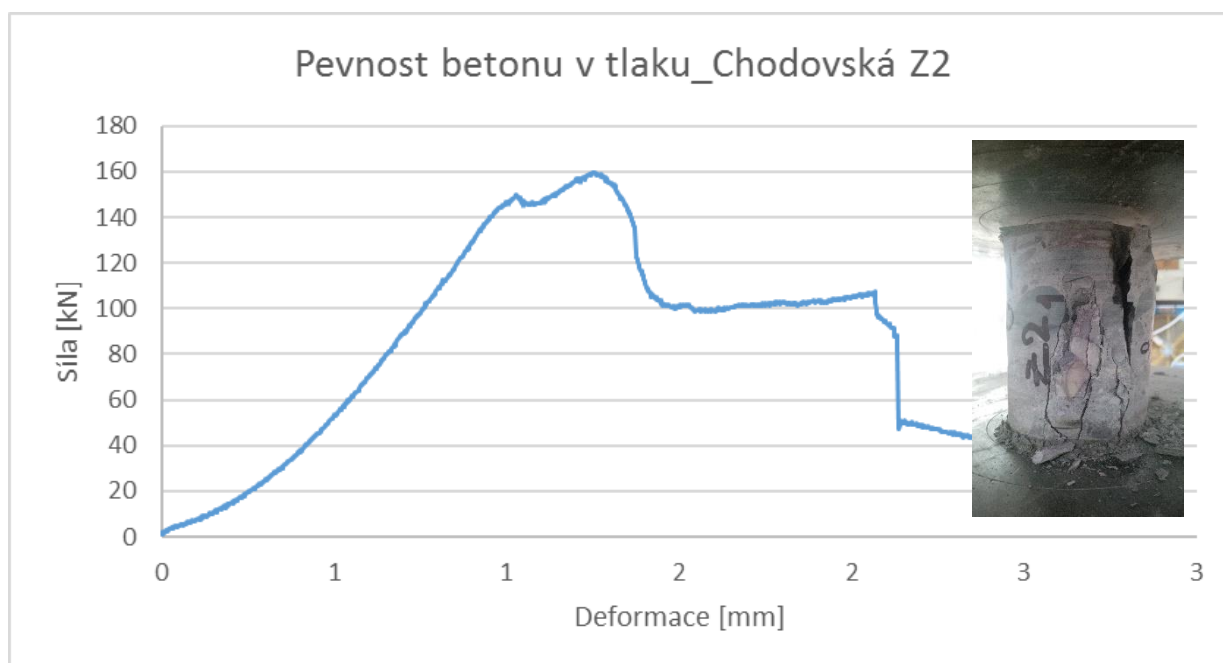
Obr. P4: Pevnost betonu v tlaku - vzorek Z1

Vizuálně vyhlížel odvrtný vzorek - z hlediska kvality betonu - jako kompaktní a s rovnoměrným rozložením kameniva bez vzduchových pórů.

Tab. P4: Materiálové charakteristiky vzorku Z1

	hodnota	jednotky
Úroveň karbonatace	2	mm
Objemová hmotnost	2324	Kg/m ³
Pevnost betonu v tlaku	35,6	MPa

Název a označení prvku / sondy	Jádrový vývrt Z2
Rozměry prvku / sondy	Průměr vzorku 74 mm



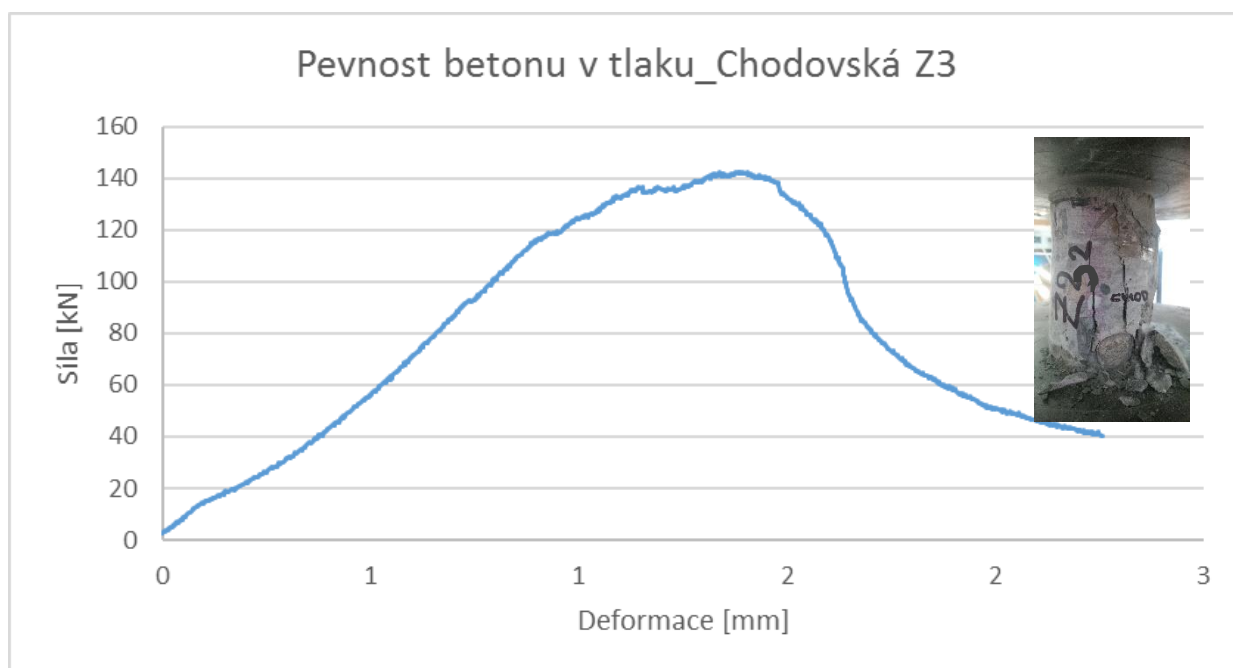
Obr. P5: Pevnost betonu v tlaku - vzorek Z2

Vizuálně vyhlížel odvrtaný vzorek - z hlediska kvality betonu - jako kompaktní a s rovnoměrným rozložením kameniva bez vzduchových pórů.

Tab. P5: Materiálové charakteristiky vzorku Z2

	hodnota	jednotky
Úroveň karbonatace	3	mm
Objemová hmotnost	2379	Kg/m ³
Pevnost betonu v tlaku	34,2	MPa

Název a označení prvku / sondy	Jádrový vývrt Z3
Rozměry prvku / sondy	Průměr vzorku 74 mm



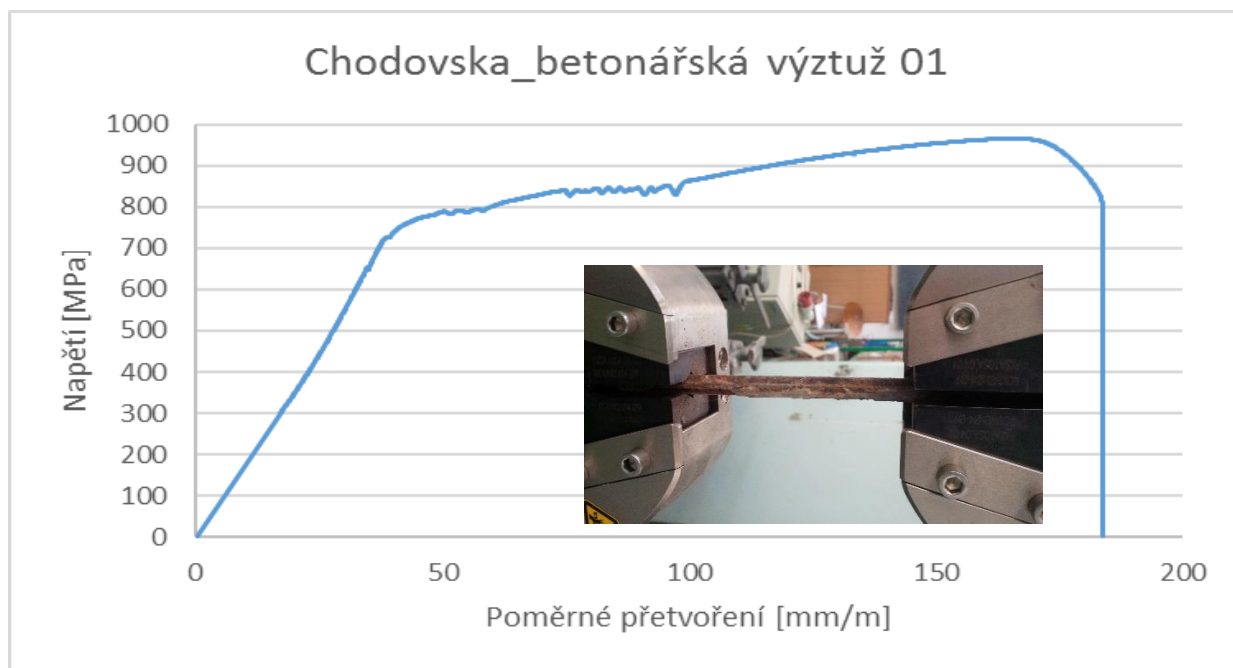
Obr. P6: Pevnost betonu v tlaku - vzorek Z3

Vizuálně vyhlížel odvrtný vzorek - z hlediska kvality betonu - jako kompaktní a s rovnoměrným rozložením kameniva bez vzduchových pórů.

Tab. P6: Materiálové charakteristiky vzorku Z3

	hodnota	jednotky
Úroveň karbonatce	1	mm
Objemová hmotnost	2364	Kg/m ³
Pevnost betonu v tlaku	30,5	MPa

Název a označení prvku / sondy	Betonářská výztuž Bv1
Rozměry prvku / sondy	Průměr vzorku 8 mm



Obr. P7: Pevnost betonářské výztuže v tahu - vzorek Bv1

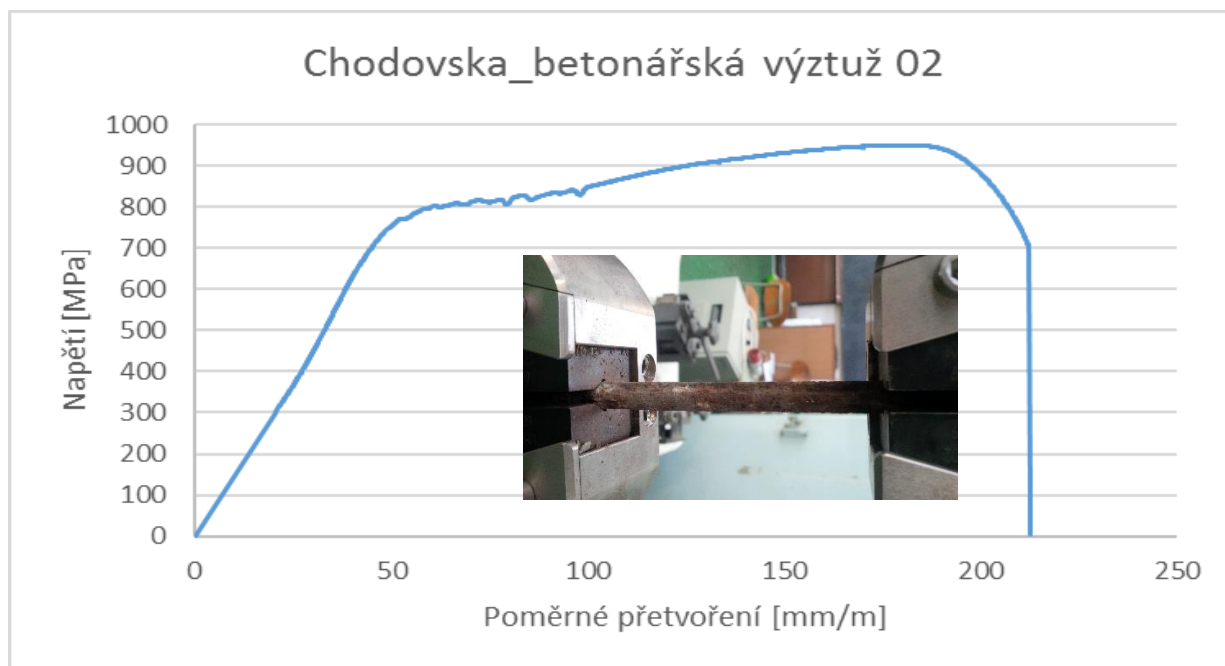
Tab. P7: Pevnost oceli v tahu – vzorek Bv1

Vzorek č.	Rozměr [mm] průměr	Plocha průřezu [mm ²]	Síla při přetržení [kN]	Pevnost v tahu [Mpa]
Bv1	8,0	31	30,0	968



Obr. P8: Pevnost betonářské výztuže v tahu - vzorek Bv1 po zkoušce

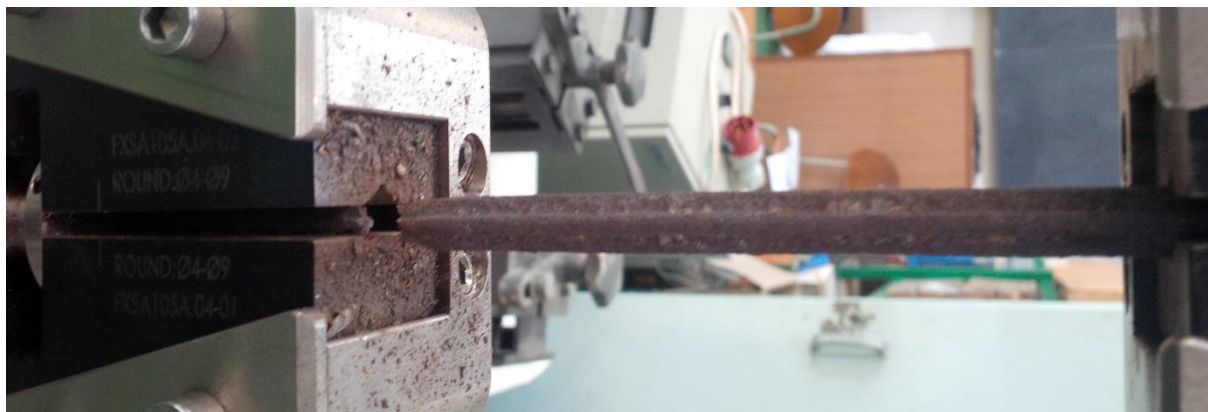
Název a označení prvku / sondy	Betonářská výztuž Bv2
Rozměry prvku / sondy	Průměr vzorku 8 mm



Obr. P9: Pevnost betonářské výztuže v tahu - vzorek Bv2

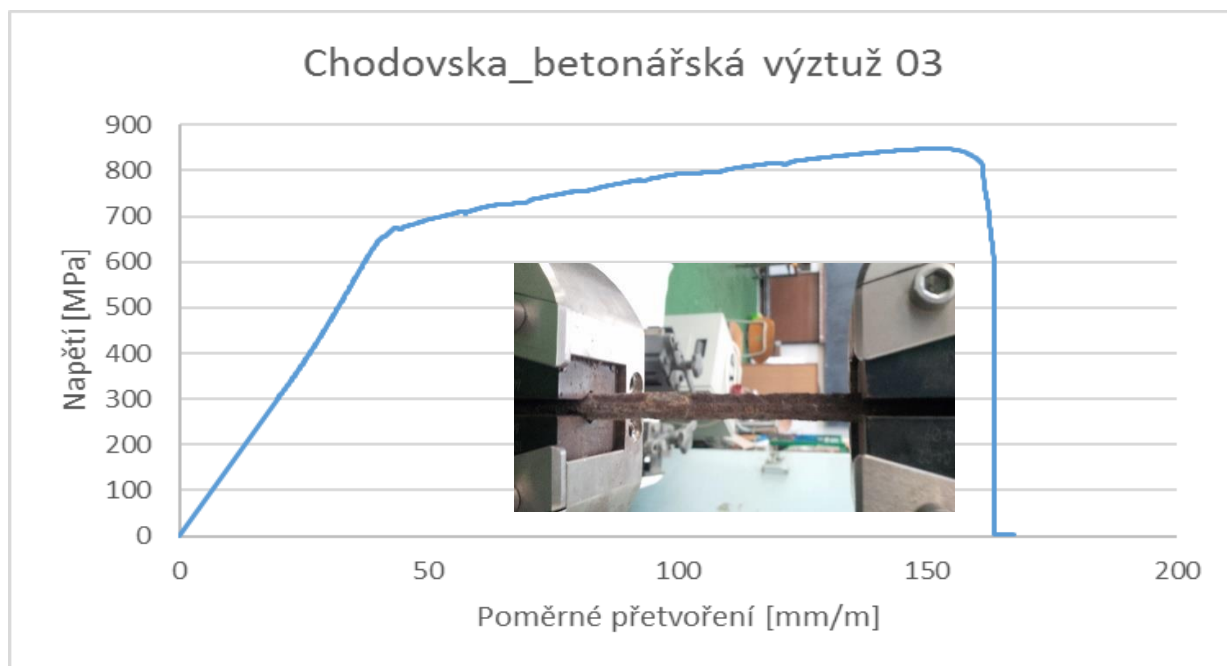
Tab. P8: Pevnost oceli v tahu – vzorek Bv2

Vzorek č.	Rozměr [mm] průměr	Plocha průřezu [mm ²]	Síla při přetržení [kN]	Pevnost v tahu [Mpa]
Bv2	8,0	31	29,5	952



Obr. P10: Pevnost betonářské výztuže v tahu - vzorek Bv2 po zkoušce

Název a označení prvku / sondy	Betonářská výztuž Bv3
Rozměry prvku / sondy	Průměr vzorku 8 mm



Obr. P11: Pevnost betonářské výztuže v tahu - vzorek Bv3

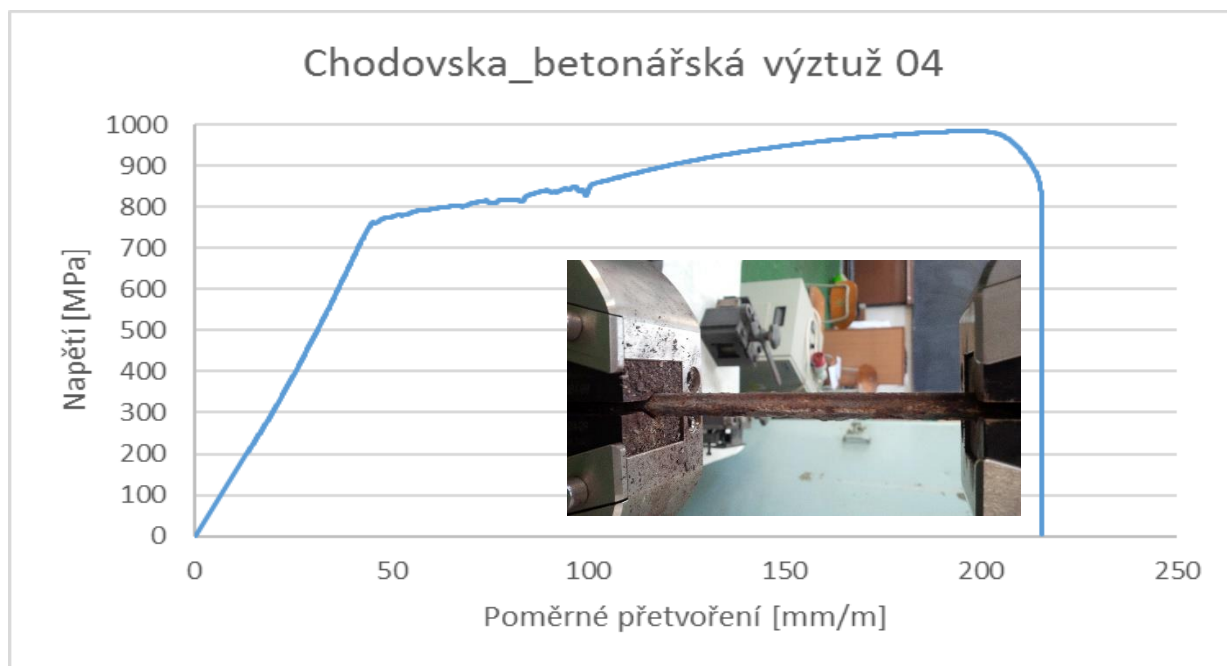
Tab. P9: Pevnost oceli v tahu – vzorek Bv3

Vzorek č.	Rozměr [mm] průměr	Plocha průřezu [mm ²]	Síla při přetržení [kN]	Pevnost v tahu [Mpa]
Bv3	8,0	31	26,4	852



Obr. P12: Pevnost betonářské výztuže v tahu - vzorek Bv3 po zkoušce

Název a označení prvku / sondy	Betonářská výztuž Bv4
Rozměry prvku / sondy	Průměr vzorku 8 mm



Obr. P13: Pevnost betonářské výztuže v tahu - vzorek Bv4

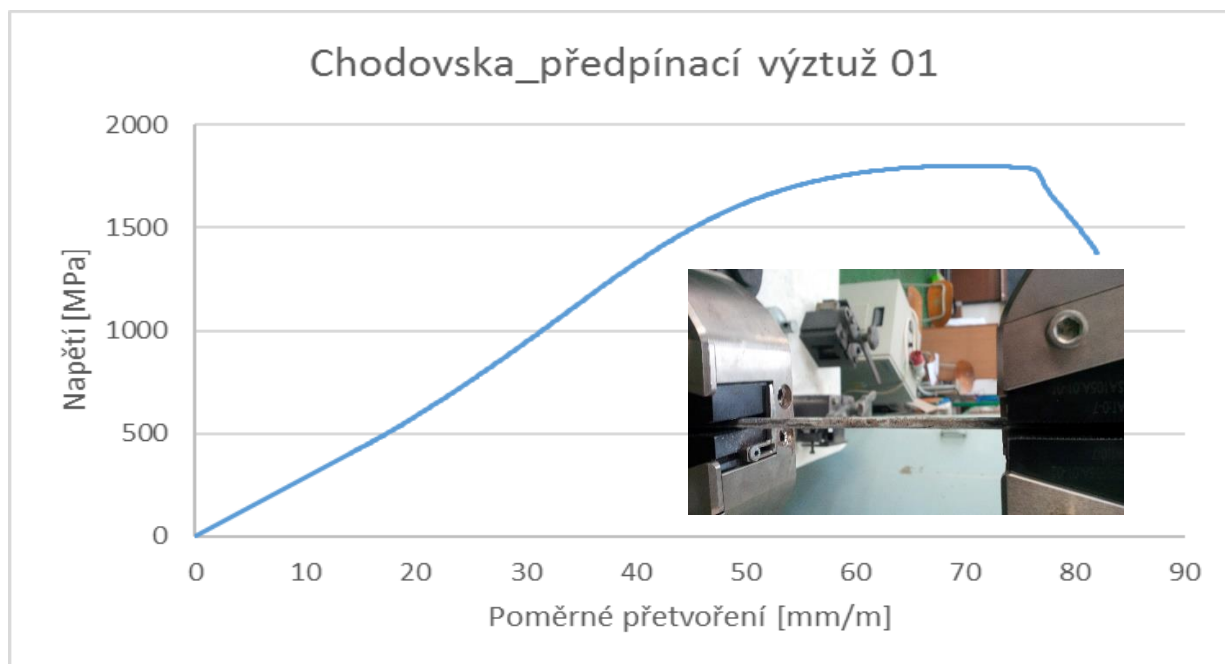
Tab. P10: Pevnost oceli v tahu – vzorek Bv1

Vzorek č.	Rozměr [mm] průměr	Plocha průřezu [mm ²]	Síla při přetržení [kN]	Pevnost v tahu [Mpa]
Bv4	8,0	31	30,5	984



Obr. P14: Pevnost betonářské výztuže v tahu - vzorek Bv4 po zkoušce

Název a označení prvku / sondy	Předpínací výztuž Pv1
Rozměry prvku / sondy	Průměr vzorku 4,5 mm



Obr. P15: Pevnost předpínací výztuže v tahu - vzorek Pv1

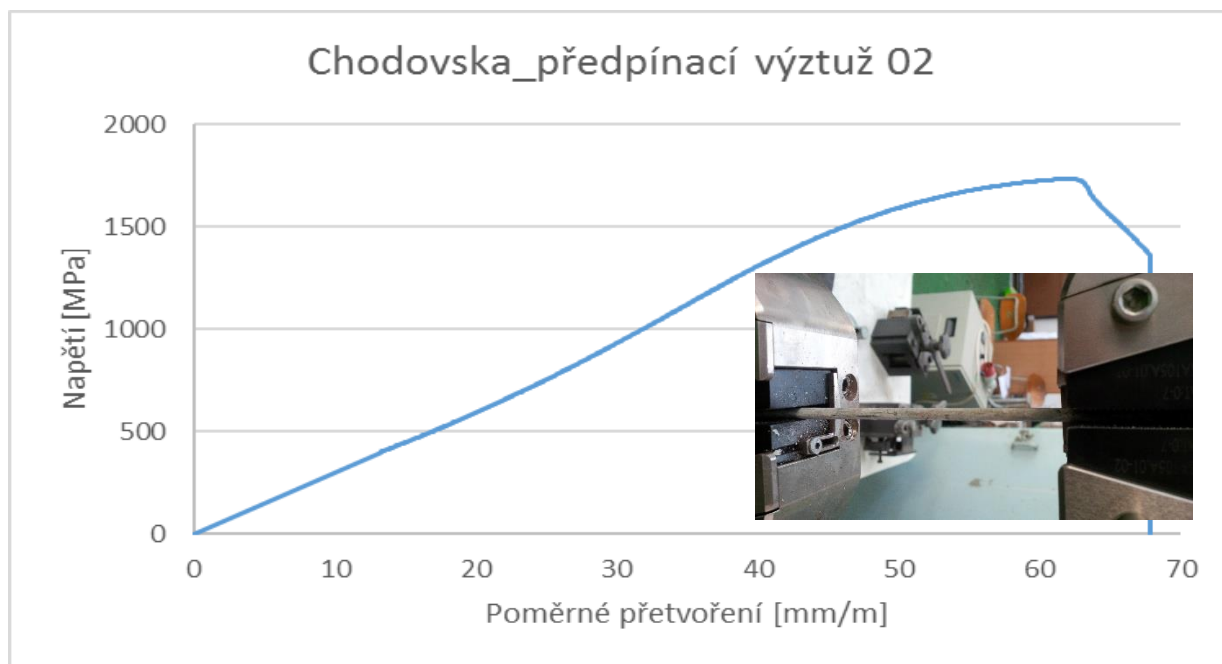
Tab. P11: Pevnost oceli v tahu – vzorek Pv1

Vzorek č.	Rozměr [mm] průměr	Plocha průřezu [mm ²]	Síla při přetržení [kN]	Pevnost v tahu [Mpa]
Pv1	4,5	15,896	28,6	1799



Obr. P16: Pevnost předpínací výztuže v tahu - vzorek Pv1 po zkoušce

Název a označení prvku / sondy	Předpínací výztuž Pv2
Rozměry prvku / sondy	Průměr vzorku 4,5 mm



Obr. P17: Pevnost předpínací výztuže v tahu - vzorek Pv2

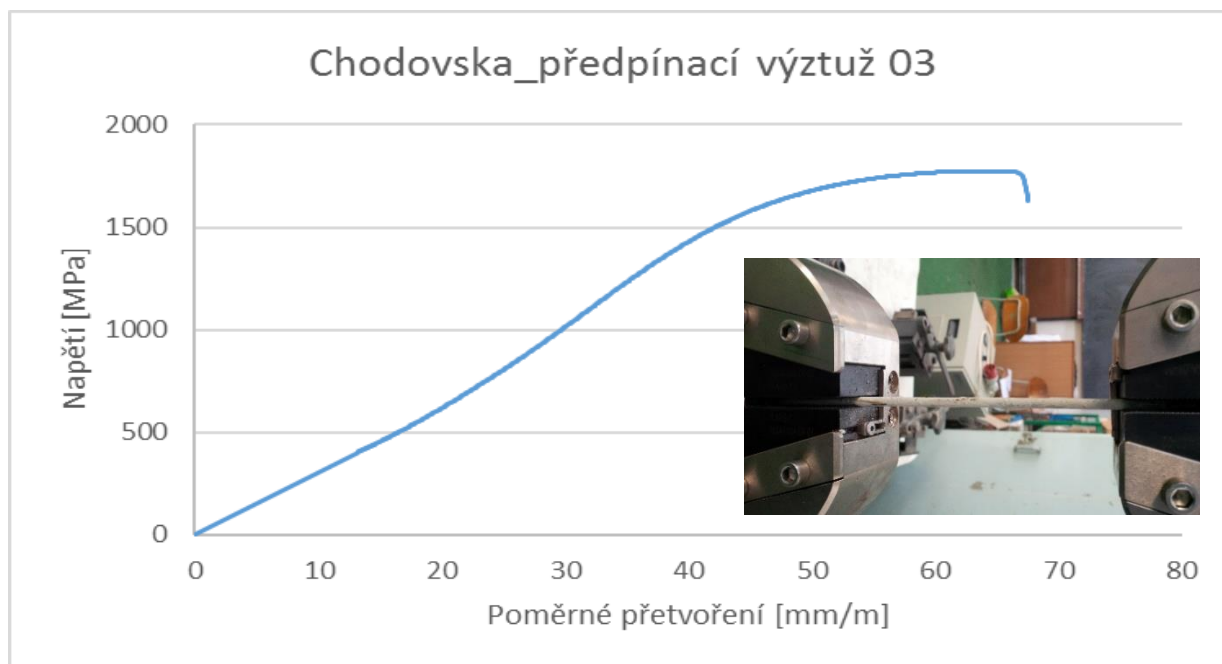
Tab. P12: Pevnost oceli v tahu – vzorek Pv2

Vzorek č.	Rozměr [mm] průměr	Plocha průřezu [mm ²]	Síla při přetržení [kN]	Pevnost v tahu [Mpa]
Pv2	4,5	15,896	27,6	1736



Obr. P18: Pevnost předpínací výztuže v tahu - vzorek Pv2 po zkoušce

Název a označení prvku / sondy	Předpínací výztuž Pv3
Rozměry prvku / sondy	Průměr vzorku 4,5 mm



Obr. P19: Pevnost předpínací výztuže v tahu - vzorek Pv3

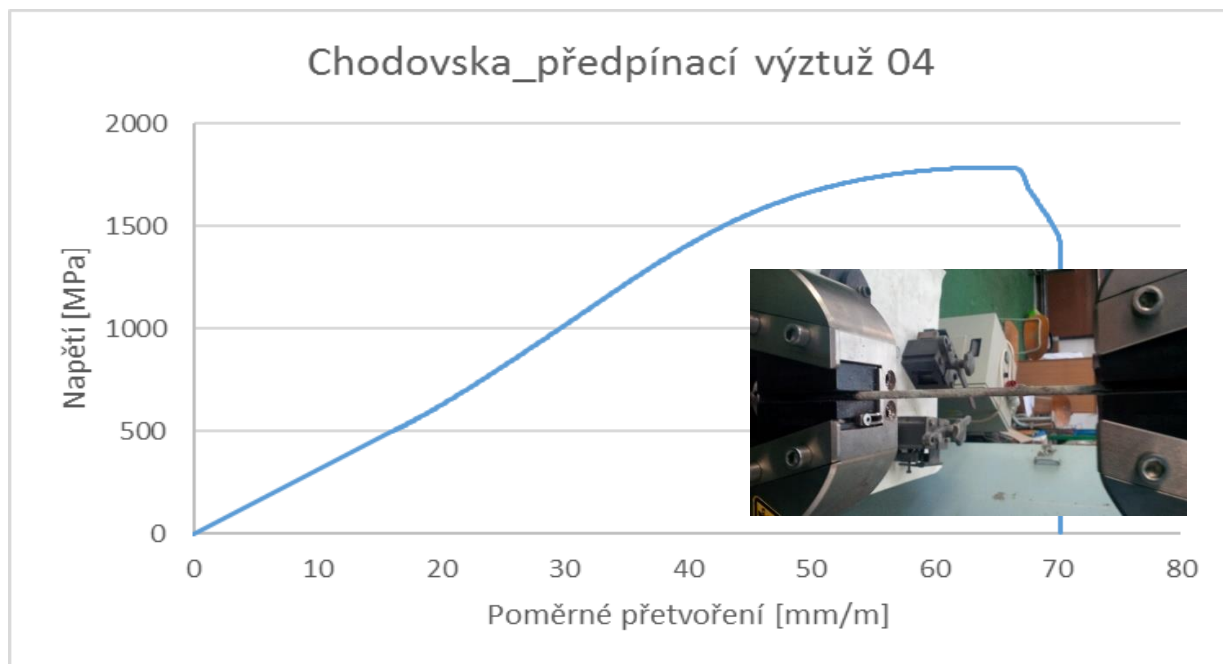
Tab. P13: Pevnost oceli v tahu – vzorek Pv3

Vzorek č.	Rozměr [mm] průměr	Plocha průřezu [mm ²]	Síla při přetržení [kN]	Pevnost v tahu [Mpa]
Pv3	4,5	15,896	28,2	1774



Obr. P20: Pevnost předpínací výztuže v tahu - vzorek Pv3 po zkoušce

Název a označení prvku / sondy	Předpínací výztuž Pv4
Rozměry prvku / sondy	Průměr vzorku 4,5 mm



Obr. P21: Pevnost předpínací výztuže v tahu - vzorek Pv4

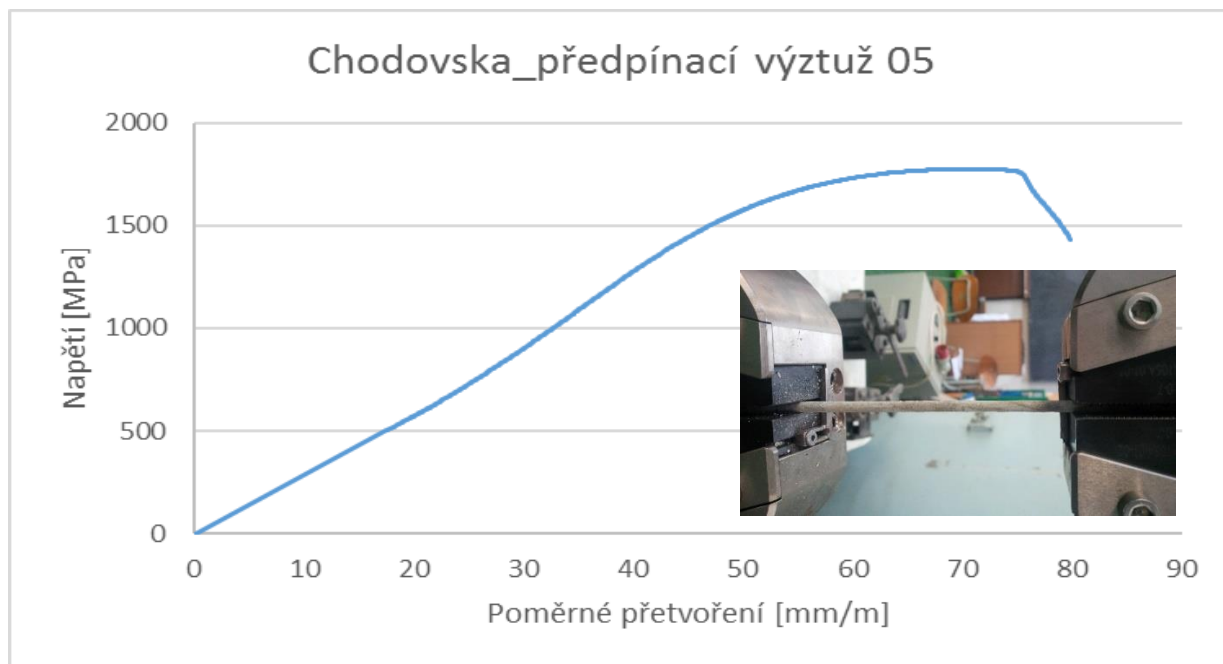
Tab. P14: Pevnost oceli v tahu – vzorek Pv4

Vzorek č.	Rozměr [mm] průměr	Plocha průřezu [mm ²]	Síla při přetržení [kN]	Pevnost v tahu [Mpa]
Pv4	4,5	15,896	28,4	1787



Obr. P22: Pevnost předpínací výztuže v tahu - vzorek Pv4 po zkoušce

Název a označení prvku / sondy	Předpínací výztuž Pv5
Rozměry prvku / sondy	Průměr vzorku 4,5 mm



Obr. P23: Pevnost předpínací výztuže v tahu - vzorek Pv5

Tab. P15: Pevnost oceli v tahu – vzorek Pv5

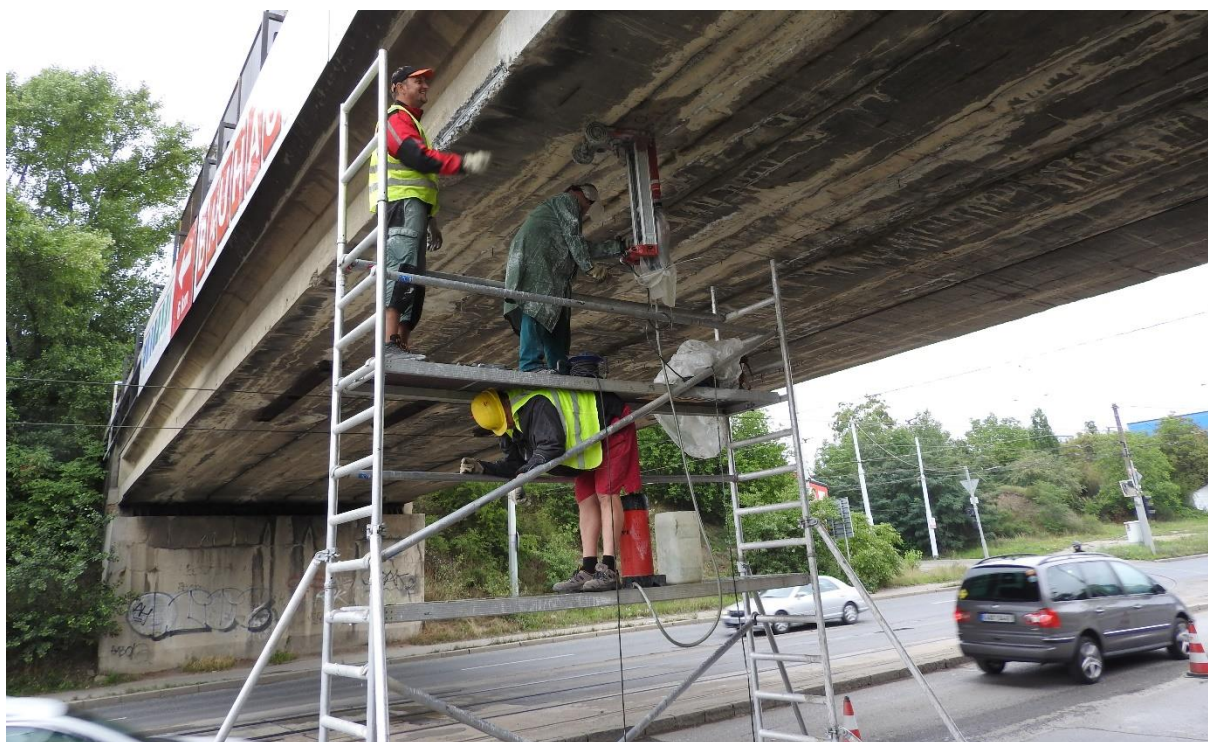
Vzorek č.	Rozměr [mm] průměr	Plocha průřezu [mm ²]	Síla při přetržení [kN]	Pevnost v tahu [Mpa]
Pv5	4,5	15,896	28,3	1780



Obr. P24: Pevnost předpínací výztuže v tahu - vzorek Pv5 po zkoušce

Název a označení
prvku / sondy

Fotodokumentace z odběru vzorků











Číslo zakázky: 16040199000

Číslo dokumentu: 4

Číslo výtisku: 1

Diagnostika nosných konstrukcí a měření předpínací síly u předpjatých železničních mostů

Objekt č. 39: most v km 3,007
TÚ 0206 Praha-Vršovice - Praha-Radotín
(Praha - Chodovská ulice)



srpen 2016

Číslo zakázky: 16040199000
Číslo dokumentu: 4

Zakázka: Diagnostika nosných konstrukcí a měření předpínací síly u předpjatých železničních mostů

Dokument: Objekt č. 39: most v km 3,007 TÚ 0206 Praha-Vršovice - Praha-Radotín (Praha - Chodovská ulice)

Objednatel: České vysoké učení technické v Praze

Zhotovitel: INSET s.r.o., Divize Ostrava
Rudná 21, 700 30 Ostrava
Tel.: +420 596 123 565, e-mail: ostrava@inset.com

Odpovědný řešitel: Ing. Roman Stoček

Ředitel divize: Ing. Jiří Tkáč

Dokument vypracoval: RNDr. Pavel Obluk

Měření provedli: Ing. Josef Turčák
Jan Obluk

Výstupní kontrola: Ing. Dáša Praisová

Rozdělovník: 1-3 České vysoké učení technické v Praze
0 spisovna INSET s.r.o.

OBSAH

1	Základní údaje.....	4
1.1	Údaje o objednateli a zhotoviteli prací.....	4
1.2	Podklady pro vypracování zprávy.....	4
1.3	Údaje o konstrukci.....	5
1.4	Účel a realizace prací.....	6
1.5	Použité přístroje	6
1.6	Průběh prací.....	6
2	Diagnostika předpínací výztuže.....	6
2.1	Odběr vzorků a změření pracovních diagramů oceli	6
2.1.1	Metodika	6
2.1.2	Popis provedení a výsledky.....	6
2.2	Ověření stavu a polohy výztuže	8
2.2.1	Metodika	8
2.2.2	Popis provedení a výsledky.....	8
2.3	Měření předpínací síly.....	9
2.3.1	Metodika	9
2.3.2	Popis provedení a výsledky.....	9
3	Závěr	12

PŘÍLOHY

1 – Zkušební protokoly

1 Základní údaje

1.1 Údaje o objednateli a zhotoviteli prací

Objednatel:	České vysoké učení technické v Praze Fakulta stavební Thákurova 7 166 29 Praha 6 IČ: 684 07 700 DIČ: CZ684 07 700
Zhotovitel:	INSET s.r.o. Lucemburská 1170/7 130 00 Praha 3 IČ: 03579727 DIČ: CZ03579727
Objednávka:	Objednávka č. 1113360043 ze dne 29. 4. 2016
Předmět:	Diagnostika mostních konstrukcí a měření předpínací síly, včetně souvisejících činností u předpjatých železničních mostů podle Přílohy 1 a Přílohy 2 této objednávky.

1.2 Podklady pro vypracování zprávy

Tato zpráva byla vypracována na základě následujících podkladů:

- [1] INSET s.r.o., Diagnostika mostního objektu: most v km 3,007 TÚ 0206 Praha-Vršovice – Praha-Radotín, „Prvotní záznamy z místních šetření při provádění průzkumných prací“, Ing. Turčák, Ostrava, archivováno k 15. 8. 2016
- [2] Projektová dokumentace mostu zpracovaná STAVBY SILNIC A ŽELEZNIC n.p. v roce 1959
- [3] „Protokol o podrobné vizuální prohlídce předpjatého mostu v km 3,007 TÚ 0206 Praha-Vršovice – Praha-Radotín“, Ing. Roman Šafář, Ph.D., Praha, 2015
- [4] Protokoly o zkouškách výztuže VÍTKOVICE TESTING CENTER s. r. o.

1.3 Údaje o konstrukci

Předmětem provádění diagnostických prací byl železniční most na trati Praha-Vršovice – Praha-Radotín TÚ 0206 v km 3,007. Most se nachází v Praze, kde převádí železniční trať přes pozemní komunikaci - Chodovskou ulici.

Most má jedno pole, ve kterém jsou vedle sebe prostě uloženy čtyři komorové nosníky z předpjatého betonu. Každý nosník se skládá ze dvou netypizovaných prefabrikovaných předpjatých „polonosníků“ (I-TR), které byly propojeny monoliticky dobetonovanými podélnými spárami v ose horní a dolní desky. Rozpětí nosné konstrukce je 30,000 m, celková délka je 32,400 m.

Na konstrukci jsou monolitické železobetonové konzoly a římsy. Ty mají příčnou dilatační spáru pouze nad opěrou O 02 (s posuvnými ložisky), nad opěrou O 01 (s pevnými ložisky) je v římsce jen trhlina, mezilehlé dilatační spáry v římsách ani konzolách nejsou.

Nosné konstrukce jsou uloženy na ocelová ložiska. Pevná ložiska jsou na opěře O 01, posuvná (válnová) ložiska jsou na opěře O 02.



Foto 1 - Pohled na most zprava

1.4 Účel a realizace prací

Na základě výše uvedené objednávky se zhotovitel zavázal provést diagnostické práce v tomto rozsahu:

- Odběr vzorku a změření pracovních diagramů předpínací výztuže
- Měření předpínací síly, ověření polohy a stavu předpínací výztuže
- Sanace sond speciálními materiály

1.5 Použité přístroje

K provedení diagnostických a průzkumných prací, měření a jejich dokumentaci byly použity následující přístroje:

- Fotoaparáty Canon EOS 650, Nikon Coolpix P520
- Elektrické ruční nářadí - úhlová bruska
- Měřicí zařízení DynaWire – výrobek společnosti INSET

1.6 Průběh prací

Vlastní diagnostické práce na konstrukci mostu byly provedeny dne 9. 8. 2016.

2 Diagnostika předpínací výztuže

2.1 Odběr vzorků a změření pracovních diagramů oceli

2.1.1 Metodika

Zkoušky předpínací výztuže byly prováděny podle normy ČSN EN ISO 15630-3 (42 0365). Zkoušky a měření provedla akreditovaná laboratoř VÍTKOVICE TESTING CENTER s.r.o. dne 18. 6. 2016. Výstupem byly protokoly o zkoušení a grafické záznamy průběhu zkoušek (viz příloha).

2.1.2 Popis provedení a výsledky

Vzorek předpínací výztuže v délce 960 mm byl odebrán na boční straně pravého nosníku ve vzdálenosti 4 m od opěry O 02 a 10 cm od spodní hrany nosníku z vysekané kapsy o rozměrech 90 x 8 cm (viz Foto 2 a 3).

Výsledky laboratorních zkoušek jsou uvedeny v tabulce 1 a přiložených protokolech.

Označení	Průměr vzorku [mm]	Modul pružnosti E [GPa]	Pevnost v tahu Rm [MPa]	Tažnost Agt [%]
Chodov1	4,5	195	1735	1,9
Chodov2	4,5	214	1754	2,1

Tabulka 1



Foto 2 – místo odběru vzorku předpínací výztuže

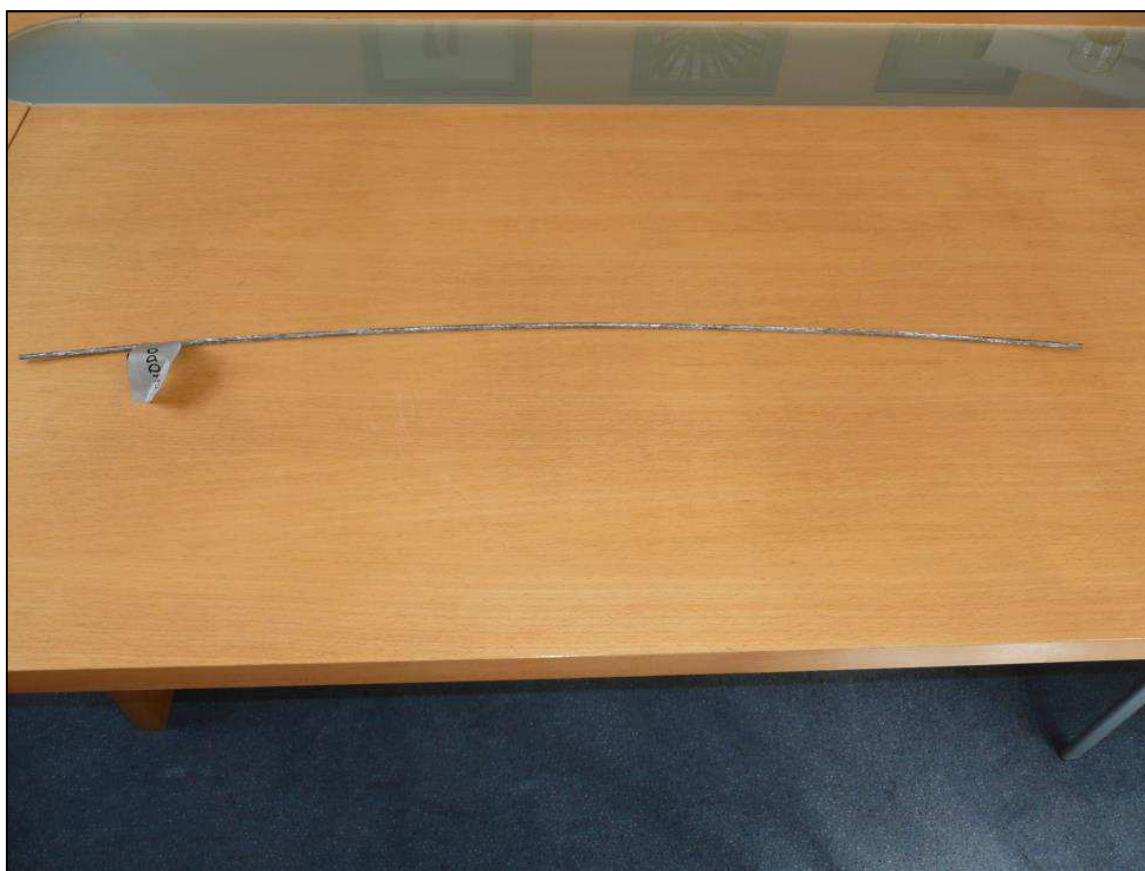


Foto 3 – odebraný vzorek předpínací výztuže

2.2 Ověření stavu a polohy výztuže

2.2.1 Metodika

Pro kontrolu stavu, druhu a polohy uložení nosné výztuže se provádějí sondy do konstrukce tak, že se pomocí sekáče nebo přesně umístěným jádrovým vrtem odstraní krycí betonová vrstva a odhalí se povrch výztuže. Poté se vizuálně ev. za pomoci endoskopu zhodnotí stav, počet, druh a dimenze použité výztuže a proinjektovanost kanálků. V případě koroze výztuže se provede měření pro stanovení korozních úbytků výztuže.

2.2.2 Popis provedení a výsledky

Předpínací výztuž byla odhalena na boční straně pravého nosníku ve vzdálenosti 4 m od opěry O 02 a 10 cm od spodní hrany nosníku.

Odhalená místa byla detailně prohlédnuta a fotograficky zdokumentována (viz Foto 4). V kontrolovaných místech byla předpínací výztuž bez koroze, kanálky byly řádně proinjektovány.



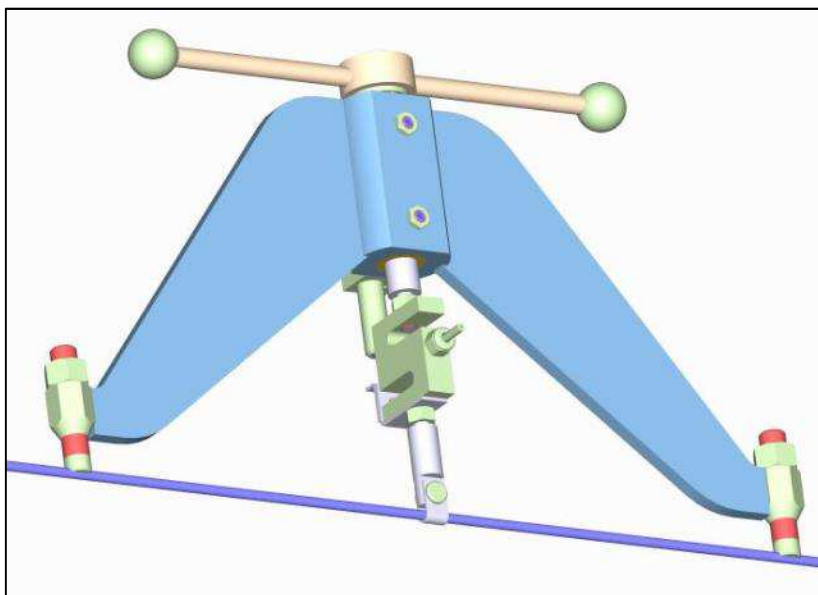
Foto 4 – odhalená předpínací výztuž

2.3 Měření předpínací síly

2.3.1 Metodika

Pro měření předpínací síly ve vyšetřovaných konstrukcích bylo použito měřicí zařízení DynaWire (viz Obrázek 1), které se skládá z kovového těla, otočné rukojeti, snímače síly s háčkem pro zachycení měřeného drátu, induktivního snímače dráhy a univerzálního zesilovače signálu. Induktivní snímač dráhy BKTH 5 je vybaven odpruženým hrotem. Disponuje rozlišením 10^{-3} mm, citlivostí 1000 mV/mm. Pracuje v rozsahu +/- 5 mm. Jeho počáteční pozici je potřeba nastavit v závislosti na konkrétní konfiguraci měřeného prvku. Siloměr ZEMIC B3G-C3-500kg-6B pracuje v rozsahu provozních teplot -35 až +65 °C. Má rozsah měření do 500 kg. Celková přesnost při plném zdvihu činí $\pm 0.02\%$.

Fyzikální princip měření vychází z lineární závislosti mezi vneseným napětím a poměrným přetvořením měřeného materiálu. Působením svislé tažné síly F_k ve středu předpjatého lana dojde k protažení lana, které odpovídá vnesenému napětí. Přesným měřením hodnoty tažné síly F_k a příslušné výchylky s v kolmém směru lze zjistit lineární závislost tažné síly na hodnotě předpínací síly a výchylky lana. Po provedení kalibračních měření na vzorku materiálu v intervalu blízkém předpokládané předpínací síle lze tuto sílu vyjádřit jako mocninnou závislost na hodnotě směrnice tažné síly: $F_N = A.(F_k/s)^m$, přičemž konstanty A a m se získají z procesu kalibrace.



Obrázek 1 - měřicí zařízení DynaWire

2.3.2 Popis provedení a výsledky

Měření síly v předpínací výztuži bylo provedeno na boční stěně pravého nosníku ve vzdálenosti 4 m od opěry O 02 a 10 cm od spodní hrany nosníku. V nosníku byla vysekána kapsa o rozměrech 90 x 8 cm a obnaženy dráty v kabelovém svazku. Chránička byla otevřena a injektážní směs odstraněna (viz Foto 5).

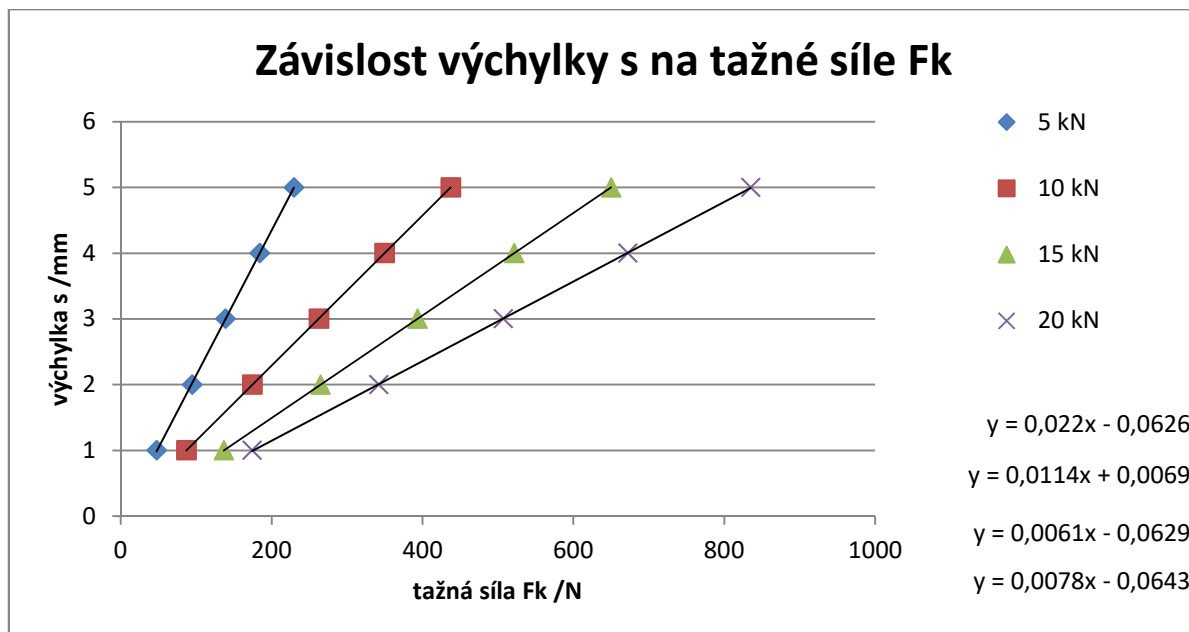


Foto 5 – měřicí místo

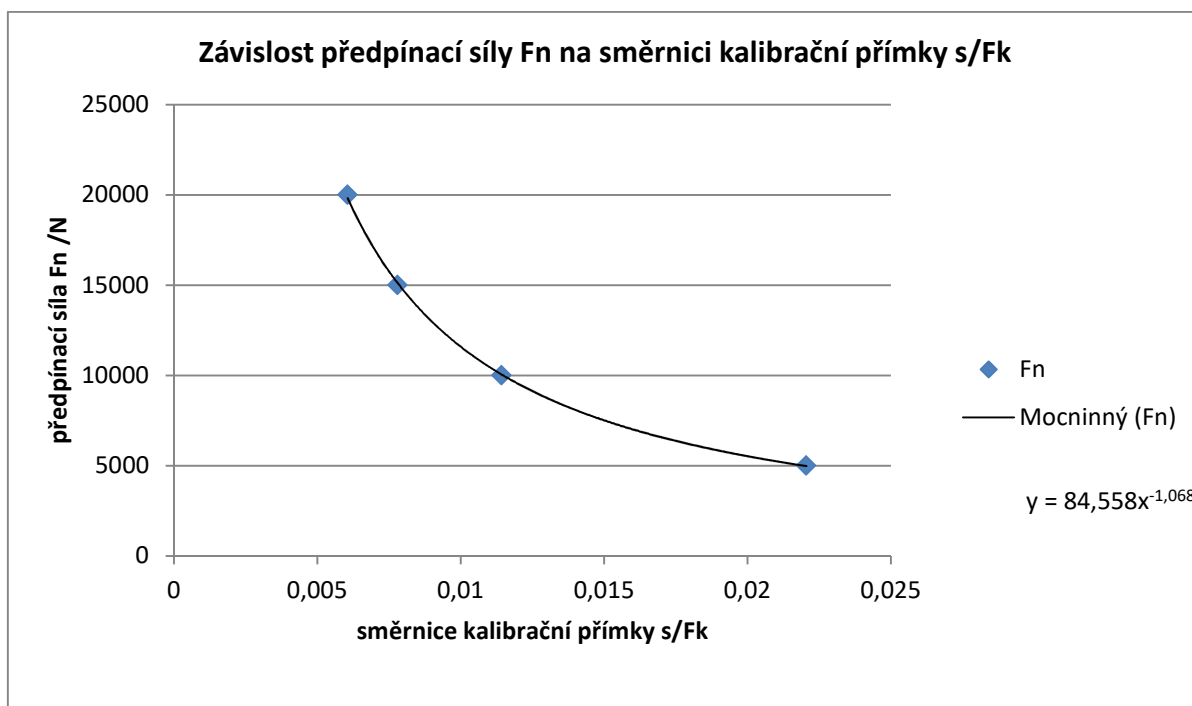
Z měřeného místa byl vyříznut vzorek drátu pro provedení laboratorní kalibrace na univerzálním zkušebním zařízení Tinius Olsen 300 kN (viz Foto 6). Vzorek drátu byl postupně napínán silami 5, 10, 15 a 20 kN v předpokládaném rozsahu napětí v konstrukci. Při každém kroku byla měřena tahná síla potřebná pro výchylku drátu o 1, 2, 3, 4 a 5 mm (viz Graf 1). Výsledkem kalibrace bylo zjištění závislosti předpínací síly na velikosti tahné síly pro vnesení požadované výchylky (viz Graf 2).



Foto 6 – zkušební zařízení



Graf 1



Graf 2

Měření bylo provedeno dne 9. 8. 2016 na dvou dostupných drátech průměru 4,5 mm. Byla změřena rovněž teplota drátu pomocí kontaktního teploměru. Výsledky jsou uvedeny v Tabulce 2. Rozšířená nejistota měření byla stanovena v souladu s dokumentem EA 4/02 na 300 N.

Vzorek	Síla [kN]	Teplota [°C]
Drát č. 1	16,0	17,6
Drát č. 2	15,1	17,5

Tabulka 2

3 Závěr

Obsahem této zprávy jsou výsledky průzkumných a diagnostických prací provedených na mostním objektu Diagnostika mostního objektu: most v km 3,007 TÚ 0266 Praha-Vršovice. Zásadní výsledky lze stručně shrnout do následujících bodů:

a) Konstatování:

- Předpínací výztuž v místech sond není zkorodovaná a je řádně zainjektovaná.
- Velikost předpínací síly v měřených drátech dosahuje hodnoty 15 – 16 kN.
- Pevnost oceli v tahu dosahuje hodnot od 1735 do 1754 Mpa.

V Ostravě 18. 8. 2016

vypracoval: RNDr. Pavel Obluk

Most TÚ 0206 Praha-Vršovice – Praha-Radotín evid. km 3,007

Základní korozní průzkum



číslo zakázky: 16-B-039
Praha, srpen 2016

Vypracoval:

J. JEKŮ, s.r.o.
atelier Praha
Limuzská 8
100 00 Praha 10 - Strašnice
IČO: 25031201, Tel.: 272 702 597

JEKŮ s.r.o.
Limuzská 8, 100 00
Praha 10 – Strašnice
+272 011 090, JEKU@JEKU.CZ

Ing. Bohumil Kučera
Ing. Stanislav Novák

Novák

Rozsah zprávy:

Celkem 34 stran (19 stran grafické a tabulární výstupy)
 vykresová část: schéma orientace bludných proudů

Rozdělovník:

4 výtisky Fakulta stavební ČVUT v Praze, Thákurova 7, 166 29 Praha 6
 1 výtisk JEKU s.r.o., Limuzská 8, 100 00 Praha 10 - Strašnice

Obsah:

1.	Úvod	3
2.	Podmínky měření	3
3.	Použití přístroje	5
4.	Metodika měření a vyhodnocování	5
5.	Stanovení stupně ochranných opatření proti škodlivým vlivům bludných proudů pro železobetonovou stavbu	7
6.	Měření potenciálu výzuz – půda; směsný potenciál - U_z	8
7.	Měření potenciálového spádu mezi vybranými částmi stavby	9
8.	Hodnocení výsledků základního korozního průzkumu a požadavky na zpracování projektové dokumentace	10
9.	Fotodokumentace	12

Seznam tabulek:

1. Záznam údajů ΔU , stanoviště M1, měření po 5 s
2. Záznam údajů ΔU , stanoviště M2, měření po 5 s
3. Zdaňlivý měrný odpor půdy v místech M1, M2
4. Výpočet pole bludných proudů v bodech M1, M2
5. Průběh směsného potenciálu
6. Průběh potenciálového spádu

Seznam grafů:

Grafický záznam hodnot měrného odporu
 Intenzita elektrického pole v zemi M1
 Intenzita elektrického pole v zemi M2

Histogram měřených hodnot M1
 Histogram měřených hodnot M2
 Průběh směsného potenciálu
 Průběh potenciálového spádu

Seznam výkresů:

Situace – vyznačení orientace bludných proudů

- Korozní projevy výztuže při nízkém krytí výztuže betonem
- Praskání krycích betonových vrstev na přepjatých nosnících
- Degradace izolačního systému a zatekání do konstrukce spojené s vápennými výluhy
- Odhalené kabelové kanálky předpětí
- Zatekání a degradace betonu v místě dilatačních spár na začátku a konci NK

Během prohlídky mostní konstrukce z hlediska dané problematiky byly pozorovány tyto závady:

Mostní konstrukce je z roku 1962, její stáří je tedy 54 let. Na mostním objektu nejsou připraveny vývody z provazené výztuže, vzhledem ke stáří mostní konstrukce se nepředpokládá vybavenost mostního objektu pasivními ochrannými opatřeními před účinky bludných proudů, tzn., nepředpokládá se ani provazení či elektrické izolační uložení nosné konstrukce.

Mostní konstrukce je z roku 1962, její stáří je tedy 54 let. Na mostním objektu nejsou připraveny vývody z provazené výztuže, vzhledem ke stáří mostní konstrukce se nepředpokládá vybavenost mostního objektu pasivními ochrannými opatřeními před účinky bludných proudů, tzn., nepředpokládá se ani provazení či elektrické izolační uložení nosné konstrukce.

Na nosné konstrukci jsou monolitické konzoly a římsy. Součástí říms jsou kabelové prostory. Na pravé straně blíže pochází ploše jsou uložena kabelová vedení. Zábřadli na mostě je ocelově vzájemně propojené. Nad dilataci je zábřadli konstrukčně rozděleno, ale zároveň vzájemně propojeny ocelovými propojkami. Na zábřadli nad tramvajovou kolejí je instalována zábrana proti dotyku. Na konci zábřadli je provedeno ukolejnění přes prázku.

Na nosné konstrukci jsou monolitické konzoly a římsy. Součástí říms jsou kabelové prostory. Na pravé straně blíže pochází ploše jsou uložena kabelová vedení. Zábřadli na mostě je ocelově vzájemně propojené. Nad dilataci je zábřadli konstrukčně rozděleno, ale zároveň vzájemně propojeny ocelovými propojkami. Na zábřadli nad tramvajovou kolejí je instalována zábrana proti dotyku. Na konci zábřadli je provedeno ukolejnění přes prázku.

Na mostě je vedena pouze jedna kolej, druhou polovinu mostu tvoří pochází kámenitá plocha. Opěry jsou monolitické z prostého betonu, uložné prahy jsou železobetonové. Křídla opěry jsou železobetonová.

Opěry jsou monolitické z prostého betonu, uložné prahy jsou železobetonové. Křídla opěry jsou železobetonová.

2.1.1. Stavba objektu

2.1. Místní podmínky, charakteristika posuzovaného objektu

2. Podmínky měření

1.3. Vyhodnocení hustoty a směru bludných proudů s technickou úpravou v návaznosti na ČSN 03 8365.

1.2. Zjišťování napětového spádu ΔU , vždy na dvou kolmých dipólech a na dvou stanovistech s technickou úpravou v návaznosti na ČSN 03 8365.

1.1. Stanovení zdánlivého měrného odporu půdy Wennerovou metodou dle ČSN 03 8363.

prostedí dle následující specifikace:

Jednotlivá měření a vyhodnocení byla provedena dle metodiky odpovídající ČSN 03 8363, ČSN 03 8365, ČSN 03 8372, TP 124 a MP-DEM resp. SR5/7(S) a SR5/7(S)-DEM v návrhu. Zákładní korozní průzkum byl proveden v rozsahu dvou měřených bodů v lokalitě stavby. Umištění měřených bodů bylo zvoleno s ohledem na uspořádání terénu a celkovému rozložení stavby. Zpracovatel na základě dispozičního upřesnění stavby volí měření ve dvou bodech tak, aby bylo možno pomocí výpočtu s dostatečnou přesností stanovit stupně agresivity prostředí dle následující specifikace:

Toto měření a hodnocení je součástí úkolu ČVUT Praha, Fakulta stavební, zabývající se diagnostikou nosných konstrukcí a měření předpínací síly u předpjatých železnicích mostů.

Zákładní korozní průzkum je hlavním z podkladů pro návrh projektové dokumentace stavby z hlediska ochrany nehmotných zařízení uložených v zemi proti korozním účinkům bludných proudů. Výsledky základního korozního průzkumu jsou vyhodnoceny z hlediska ochrany železobetonové stavby proti účinkům bludných proudů.

Na základě objednávkový Fakulty stavební ČVUT v Praze, provedla firma JEKU s.r.o. elektrická a včetně národní přílohy NA.

geofyzikální měření pro zjištění přítomnosti stejnosměrných bludných proudů v místě stavby mostu TU 0202, na trase Praha-Vršovice – Praha-Radotín na km 3,007. Tento základní korozní průzkum je proveden dle předpisů TP 124, SR 5/7(S), TKP 25A, dále ve smyslu ČSN 03 8372 a norem souvisejících, v návaznosti na ČSN EN 50162

1. Úvod

- Povrchová koroze ocelových ložisek, ložiska nejsou elektricky izolčně oddělena od spodní stavby
- Koroze na příslušenství



Obr. 1 Schéma mostního objektu (převzato z protokolu o podrobné vizuální prohlídce FS ČVUT)

2.1.2. Podrobný průzkum

Nad rámec standardního rozsahu ZKP byl proveden podrobný průzkum ve smyslu ČSN 03 8370, část II.

Elektrizovaná trať SŽDC.

Na mostním objektu je vedena trať SŽDC elektrizovaná stejnosměrnou proudovou trakční soustavou o napětí 3kV. Trať je určena především pro nákladní dopravu. Ve vzdálenosti cca 75 m od mostního objektu jsou vedeny kolejničky na odstavné nádraží Praha – Jih. Elektrizované trať SŽDC na území Prahy jsou napájeny soustavou měniny Velká Chuchle, Běchovice a Tréšňovka, Praha Hostivář. Vzdálenost mostu od nejbližší měniny Praha Hostivář je cca 3,0 km. Trať SŽDC jsou nejvýznamnějším zdrojem bludných proudů v místě stavby.

Tramvajová trať DPP a.s.

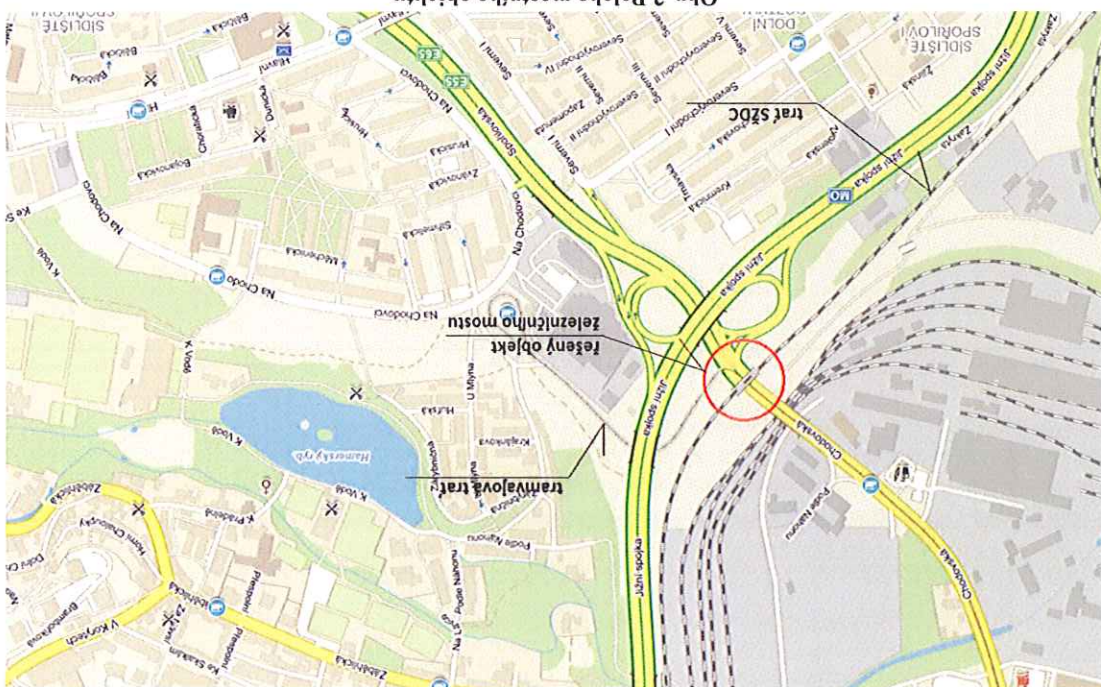
Těleso tramvajové trati DPP vede pod mostním objektem ulicí Chodovská. Tramvajová trať je železniční elektrizovanou stejnosměrnou proudovou trakční soustavou o napětí 600 V, která používá kabelových vedení k členění odsávání zpětných trakčních proudů z důvodu omezení škodlivých účinků bludných proudů. Kolejničky jsou uloženy v betonových panelech na elektrických izolacích materiálů. Napájecím bodem tramvajové trati v dané lokalitě je měnina Michle v areálu autobusových garáží Vršovice. Tramvajová trať je v daném místě rovněž významným zdrojem bludných proudů, nikoliv však v takovém rozsahu jako trať SŽDC.

Metro. Stavba se nachází ve vzdálenosti cca 850 m od Depa metra Kačerov. Nejbližší samotná trasa metra C je vzdálena cca 1,5 km. DP Metro vede elektrizovanou trať na elektrický izolčně uložený kolejničkách. Kvalita elektrického izolčního uložení je kontrolována střediskem údržby DP Metro. K úniku bludných proudů dochází v podstatě jen při poruchách zavěšených ochranných opatření provozovatele metra. Vzhledem k poloze tubusů metra lze předpokládat velmi malý či zanedbatelný vliv bludných proudů vázaných na konstrukci metra v místě stavby.

Uzemňovací soustava PRE DI. Jako zařízení, které zprostředkovává šíření bludných proudů a významným způsobem může negativně spolupůsobit na stavbu, je uzemňovací soustava PRE DI a případně uzemňovací soustava veřejného osvětlení.

Ostatní lniová zařízení:

Ve vzdálenosti cca 30 m od stavby jsou vedeny plynovodní a horkovodní řady. Ochrannu potrubí s použitím aktivní ochrany (typu katodické) nelze v daném místě vyloučit.



Obr. 2 Poloha mostního objektu

2.1.3. Klimatické podmínky měření

Teplota vzduchu v průběhu dne dosahovala +25°C jasno, zem suchá, hliniřtá.
Měření se uskuteřnilo ve všední den, za běžného provozu všech zdrojů bludných proudů, ve sředu
24.8. 2016 od 10:00 do 13:00 hod.

3. Použité přístroje

Pro níže specifikovaná měření byly použity následující přístroje:

Měření napětí a proudů: METTEX M-3890D
rozsah: ss. a st. rozsahy 4 mA, 400mA, 20 A
do 1000mV a 1000 V
přepínání rozsahů automatickě, RS 232
3-3/4 digity, přesnost měřených veličin do 1%
rozsah: 0,000Ω až 19,99 kΩ
přepínání rozsahů automatickě, USB
přesnost měřených veličin ± 2 až 5%, 4 digity

Víceúčelový přístroj: DATATAKER DT85g series 2 - třicetikanalový víceúčelový digitální měřicí přístroj
proudový rozsah: ± 0,3, 3, 30 mA
napětový rozsah: ± 30, 300 mVss, ± 3, 30 Vss (automaticky)
přesnost měření: proudů, napětí ±0,1%
vstupní odpor voltmetru: 100 kΩ, > 100 MΩ
kapacita vnitřní paměti: 128 MB, RS 232, USB

4. Metodika měření a vyhodnocování

4.1. Stanovení zdánlivého měrného odporu

Diferenciál napětí mezi jednotlivými elektrodami v dané sadě splňuje ustanovení ČSN 03 8362 a je menší než 50 mV. Krom standardního měření dle shora uvedené tabulky, bylo provedeno i porovnání chybových potenciálů mezi jednotlivými elektrodami. Pro konkrétní měření byly použity stejné sady elektrod.

el. č. 3	-630 mV	el. č. 3	-479 mV
el. č. 2	-627 mV	el. č. 2	-471 mV
el. č. 1	-637 mV	el. č. 1	-485 mV
V bodě M1		V bodě M2	

Kontrolní měření polarizace jednotlivých používaných sad elektrod - potenciály naměřené proti ocelové elektrodě ve vzdálenosti 1 m:

Pro tato měření byl použit 30kanálový multimetr DATATAKER a ve funkci doplňkových a ověřovacích přístrojů elektrické měřící přístroje typu METTEX M se vstupním odporem 10 MΩ. Před vlastním měřením a po něm byla zjišťována polarizace použitých elektrod Cu/CuSO₄, tj. rozdíl potenciálů mezi jednotlivými elektrodami pro každou sadu elektrod. Při zpracování výsledků se případně rozdíl polarizace elektrod (v rozmezí dovolené tolerance) odečítají. Rovněž v souladu s ČSN byla před měřením provedena kontrola elektrolýtu.

4.2. Stanovení přítomnosti bludných proudů v zemi

Z hlediska korozní agresivity lze výslednou rezistivitu zeminy hodnotit jako očekávanou pro danou lokalitu Prahy.

Z hlediska ČSN 03 8372, tab. 1, na základě měrného odporu horniny, se stanovuje agresivita prostředí ve stupni č. III – zvýšená

V bodě M1		V bodě M2	
5 m	40,1 Ωm	5 m	69,7 Ωm
3 m	44,8 Ωm	3 m	100,7 Ωm
1 m	37,7 Ωm	1 m	90,4 Ωm

Zjištěné hodnoty rezistivity půdy v závislosti na měrné ekvivalentní hloubce:

daném místě měření potenciálů spadá ΔU1 a ΔU2. Místa měření a výsledky zdanlivého odporu jsou uvedeny na situaci. Naměřené údaje jsou uvedeny v tabulce č. 3. Pro přehled jsou naměřené hodnoty měrného odporu vyneseny graficky v příloze.

Pro výpočet proudových hustot byl zvolen nejmenší měrný odpor, zjištěný u jednotlivých vrstev půdy v

$$p = 2 \pi a R [\Omega m]$$

Pro měření byl zvolen měřící přístroj MRU-200 pro odporová měření s použitím vnějšího zdroje proud. Výstupní napětí má střídavý charakter s frekvencí 128 Hz. Odečtené hodnoty na přístroji v ohmích byly podkladem pro výpočet zdanlivého měrného odporu půdy dle rovnice:

$$0,75 \text{ hb} \leq a \leq 1,25 \text{ hb}$$

Tato hodnota umožňuje výpočet proudových hustot pro stanovení korozní agresivity prostředí dle ČSN 03 8372, tab. 1. Byla použita Wennnerova metoda dle ČSN 03 8363, umožňující interpretaci zvolených odporových vrstev. Při této čtyřelektrodové metodě se hloubkový dosah získáván vzájemnou vzdáleností elektrod. Pro daný případ byly měřeny hodnoty v jednotlivých místech s rozestupem elektrod $a = 1, 3$ a 5 m, což odpovídá měřeným vrstvám půdy hb takto:

$$K_s = K_{sm} + K_r + K_p$$

$$K_{sm} \text{ (vlastní sací koeficient stavby) } \dots 1$$

$$K_r \text{ (konstrukce) } \dots 0$$

$$K_p \text{ (prostředí) } \dots 0$$

$$= 1 - \text{stávající objekt}$$

Stanovení sacího efektu stavby:

Výsledky měření hustot bludných proudů dle tab. 4 ve dvou místech v lokalitě nové stavby dle TP 124 „Základní ochranná opatření pro omezení vlivu bludných proudů na mostní objekty a ostatní betonové stavby pozemních komunikací, Praha 2009“, tab. 1 jsou hodnoceny:

5. Stanovení stupně ochranných opatření proti škodlivým vlivům bludných proudů pro železobetonovou stavbu

Na situaci jsou uvedeny směry výsledných proudových hustot (nikoli elektrického pole v zemi). Ke každému směru jsou připsány základní informace o velikosti proudové hustoty J [$A \cdot m^{-2}$] a vypočítaný daného směru bludných proudů pod deset procent, není vektor v tomto směru v situaci zobrazen, je však uveden v tab. 4. Po celou dobu měření převažovaly proudové hustoty IV. stupně korozní agresivity. Dle výsledných grafických průběhů a z dalších měření je patrné, že bludné proudy vystupují z kladně orientovaných kolejí depa do záporně orientované koleji vede po měřeném mostním objektu. Charakter elektrického pole v zemi odpovídá trakční soustavě železnice, ve výrazně menší míře se uplatňuje vliv tramvajové trati.

Dle dosažených výsledků průměrných hodnot jsou hustoty proudů dle ČSN 03 8372 tab. ve IV. stupni korozní agresivity

$$J \in < 7,84 \cdot 10^{-5} ; 2,07 \cdot 10^{-4} > [A \cdot m^{-2}]$$

Průměrné hodnoty proudových hustot v jednotlivých bodech a jednotlivých směrech dosahují hodnot:

$$J [A \cdot m^{-2}] = \frac{I [A]}{S [m^2]}$$

hodnot zdanlivého měřného odporu pldy dle vzorce:

Výsledné hodnoty proudových hustot v tabulce č. 4 jsou vypočteny z intenzity elektrického pole E_p a z úhlu tohoto vektoru vztážený k umístění sond v terénu. Ep je uvedena absolutní hodnota vektoru intenzity elektrického pole pro příslušný kvadrant a na posledním řádku procentní podíl v každém kvadrantu z celkového počtu naměřených hodnot. V předposledním řádku s označením složek snímaného napětí, tj. matematicky ve čtyřech kvadrantech a v dalším řádku je vyhodnocován jejich (tj. průměrná intenzita elektrického pole v zemi). Tyto hodnoty jsou stanoveny pro každou polaritu jednotlivých bodů jsou provedeny v čtyřech tabulkách pod naměřenými hodnotami. První údajem jsou průměrné hodnoty U1 a dvojice ΔU jednotlivých stanovišť přiřazených do kvadrantů „++“ (0 - 90°), „+-“ (90 - 180°), „--“ (180 - 270°), „-+“ (270 - 360°), jsou uvedeny v tabulce č. 1 a 2. Základní operace s naměřenými hodnotami pro každý umístění v bodě 2, kladný pól přístroje na elektrodách v místech bodů 1, 3 (viz situace). Údaje naměřených hodnot Zapojení měřících přístrojů a elektrod Cu/CuSO4 bylo následující: záporný pól přístroje byl na elektrodě

v grafech je uveden průběh napětí po celou dobu.

Pole bludných proudů v zemi bylo stanoveno z hodnot získaných při současném měření časového průběhu potenciálu na dvou kolmých dipólech pro každé stanoviště. Celková doba měření bodu byla více než 30 minut. Z naměřených hodnot se uvádí výběr údajů v tabulce, přičemž výpočty byly provedeny ze všech získaných hodnot,

Hodnocení:
Z grafických průběhů je patrné, že mostní stavba je dle předpokladu ovlivňována bludnými proudy vázanými na železniční trať vedenou na mostní konstrukci. Výztuž stavby je polarizována v rozmezí

- Kolej na NK – měření na jedné kolejnici na trati vedené po mostě
- Kolej – měření na jedné kolejnici trati vedené v blízkosti mostu na odstavné nádraží Praha Jih
- VO – měření na blízkém uzemnění veřejného osvětlení
- Opěra – měření na obnažené výztuži opěry O 02
- NK – měření na obnažené výztuži na římsě na nosné konstrukci

*Vysvětlivky k měřeným objektům

Měřený objekt	Kolej na NK
Směsný potenciál [mV] DATATAKER	-6144,61
Kolej (odstavné nádraží)	7601,70
VO (veřejné osvětlení)	-1282,07
Opěra	-708,89
NK	-779,75

Popis metody:
Metoda spočívá v umístění elektrody Cu/CuSO₄ v těsné blízkosti sledované betonové konstrukce (základu) stavby. Měřené body jsou vyznačeny na výkrese situace. Hodnoty byly naměřené multitaskeingovou metodou přístrojem Dataaker. Měřené hodnoty jsou přiloženy na konci zprávy.

Nad rámec standardního korozního průzkumu bylo provedeno měření směsného potenciálu a potenciálového spádu vybraných částí mostní konstrukce, které umožňují vyhodnotit vliv bludných proudů na stávající mostní objekt na dostupných neživých částech konstrukce, byť mostní objekt není pro tato měření připravěn a měření trpí vadou měření na neprověřené konstrukci, tj. měření na náhodně vybrané neprověřené výztuži.
Na mostním objektu nejsou vývody z prověřené výztuže a vzhledem ke stáří mostu, nelze předpokládat, že je mostní objekt vybaven systémem prověřené výztuže, jednodlivě prvky jsou k sobě stykovány vázáním.
Měření bylo provedeno na obnažené výztuži na mostní konstrukci, případně přímo na kolejnici, či blízkém uzemnění veřejného osvětlení.

6. Měření potenciálu výztuž – půda; směsný potenciál - U_z

Dle TP 124 a SR 5/7(S) tab. 1 se pro rekonstrukci mostu TÚ 0206 na trase Praha - Vršovice – Praha - Radotín evid. km 3,007 stanovuje IV. stupeň ochranných opatření před účinky bludných proudů

Sací koeficient K_s = 1 je navržen pro stávající objekt, předpokládá se, že tok bludných proudů kolem stávajícího objektu je již v zásadě ustálený a nedojde k jeho zvýšení.

Kde J_v je přepočtená proudová hustota pro stanovení stupně ochranných opatření

$$J_v = K_s \cdot j; \quad j_v \in < 7,84 \cdot 10^{-5}; 2,07 \cdot 10^{-4} > [A/m^2]$$

Výsledná proudová hustota bludného proudu:

Hodnocení: Die výsledů měření potenciálového spádu mezi měřenými částmi jsou potvrzeny závěry uvedené v předchozí části. Kdy je v důsledku záporného potenciálu kolejnice uložene na mostě a kladného potenciálu kolejnice vedene na odstavné nádraží registrovan spád napětí mezi kolejemi téměř 14 V. Rozdíl těchto napětí s velkou pravděpodobností přispívá k toku bludných proudů směrem k dotčenému mostnímu objektu, kde přes konstrukci mostu dochází k zpětnému toku bludných proudů do koleje. Hodnoty ukazují na nekvalitní elektrické izolaci oddělení spodní stavby od nosné konstrukce.

Měřená část	+	kolej	8985,94
	-	VO	8330,55
Hodnoty potenciálového spádu DATATAKER [mV]		kolej	8390,13
		opěra	-648,07
		VO	-574,13
		NK	70,24
		opěra	-13934,99
		kolej	-4988,71
		VO	-5642,97
		opěra	-5549,88
		kolej na NK	
		NK	

Popis metody: Měření se provádí přístroji pro měření el. napětí. Doba zánamu informativních hodnot je zvolena min. 30 minut, případně se měří okamžité hodnoty. Vyhodnocení napomáhá k určení anodických a katodických míst spodní stavby, tj. možných výstupů a vstupů bludných proudů z mostu a do mostní stavby. Toto měření je součástí vstupních měření pro zjišťování a dlouhodobé sledování vlivu bludných proudů na korozní procesy ocelových prvků mostu. Pro měření byl použit měřicí přístroj DataTaker. Všechny naměřené hodnoty jsou přiloženy na konci této zprávy.

7. Měření potenciálového spádu mezi vybranyými částmi stavby

přístupných kritériálních hodnot (-750 mV až -400 mV) stanovených MP-DEM, ale vzhledem k předpokladu, že jednostranně výztuže nejsou vodivé propojeny, nelze tak hovořit o systému provázané výztuže, který je schopen bludný proud transportovat bez poškození pasivních vrstev a vzniku korozních procesů. Kromě této skutečnosti je na koleji zaznamenán relativně vysoký záporný potenciál o velikosti cca 6-6 V. V takovém případě ani prakticky ideální potenciál zajišťující obvyklé kvalitní pasivaci výztuže nestačí k ochráně výztuže; kolejnice vytváří katody proti anodě tvořenou výztuží mostní konstrukce a přes mostní konstrukci a nespojitou výztuž protékají bludné proudy zpět do koleje. Tento stav je nebo může být zesilován naopak kladným potenciálem kolejí odstavného nádraží. Mostní objekt je tak umístěn mezi oběma kolejí s rozdílem napětí cca 14 V na vzdálenosti cca 70 m, tj. při poruše uložení kolejí v zemi může dosahovat elektrické pole a až cca 200 mV/m – současný měřený stav vykazuje cca do 10 mV/m. Měření rozptýl směšného potenciálu na opěře je až 1400 mV, na NK až 1100 mV. Takto vysoké hodnoty jsou pravděpodobně zapříčiněny již nefunkční poškozenou izolací NK, uložení koleje i značnou porovností a degradací betonu spodní stavby v letech, kdy dochází k působení chloridů, ke karbonatci, a pronikání vlhkosti do betonu k výztuži. Die grafického průběhu směšného potenciálu na uzemnění veřejného osvětlení je patrné, že se na uzemnění VO se projevují bludné proudy vázané na blízkou elektrizovanou tračnickou soustavu. Jak je uvedeno shora, na základě spádu napětí mezi oběma měřenými kolejnicemi a směr toku bludných proudů, lze stanovit závěr, že dochází k toku bludných proudů z kolejnice o vyšším potenciálu, z prostoru odstavného nádraží, směrem ke stavbě a kde bludný proud přechází z půdy resp. uzemnění do spodní stavby mostu a následně do nosné konstrukce a dále do koleje vedene po mostním objektu.

8. Hodnocení výsledků základního průzkumu a požadavky na zpracování projektové dokumentace

Hodnocení výsledků měření je nutno rozdělit na dvě části. V první části se stanovují standardní podmínky pro návrh rekonstrukce mostního objektu dle zavedených metodik, ve druhé části je pak hodnoceno chování předpjaté oceli z hlediska zavedených metodik.

Část A:

8.1 Při zpracování projektové dokumentace rekonstrukce nebo opravy mostu bude projektant stavební části pro návrh ochranných opatření vycházet z platných technických podmínek „Základní ochranná opatření pro omezení vlivu bludných proudů na mostní objekty pozemních komunikací“, TP 124, MD-ČR 2009 a služební rukověti SR 5/7 (S) v návrhu 2016.

8.2 Z výsledků měření provedených v rámci základního průzkumu je nutno stanovit opatření pro omezení korozního namáhání železobetonové stavby. Uplatnění se ochranná opatření pro stupeň č.4 ve smyslu TP 124, tab.1. Při zpracování další dokumentace pro stavbu mostu bude projektant stavební části pro návrh ochranných opatření vycházet z čl. 5. TP 124 a platné normy – ČSN EN 50162, příloha NA. S ohledem na rozsah stavby jsou navrženy následující principy ochrany stavby proti účinkům bludných proudů.

Dále je možné konkretizovat ochranná opatření u podobných rekonstrukcí až dle konkrétního rozsahu rekonstrukce mostního objektu, a to podle zásahu jen do nosné konstrukce nebo i spodní stavby. V daném případě bude řešení ochranných opatření podřízeno zejména předpokládané rekonstrukci nosné konstrukce, uložení nosníků na opěrách. Pro opravu opěr z prostého betonu se požadavky na ochranná opatření nestanovují. Pokud bude rekonstrukce vyžadovat i obnovu spodní stavby bude postupováno takto:

8.3 Ochranná opatření ve stavební části.

8.3.1 primární ochrana: budou respektovány požadavky na zvýšené krytí výztuže a kvalitu betonu (dle TP 124 – krytí 50 mm, ČSN EN 206, ČSN EN 1992-1, -2); pro vymezení výztuží budou použity betonové distančníky. Týká se zejména spodní stavby ale i nosné konstrukce.

8.3.2 sekundární ochrana: S ohledem na stávající opěry z prostého betonu se sekundární ochrana neuplatní. Sekundární ochrana se uplatní dále při obnově nosné konstrukce.

8.3.3 konstrukční opatření:

Systém konstrukčních opatření bude uplatněn v rozsahu dle TP 124 resp. SR5/7(S) v revizi s ohledem na navrhovanou opravu mostní konstrukce.

- Pokud budou nosníky zachovány, lze předpokládat, že bude se jednat o výměnu uložení NK na opěrách (polymerní malty), dále obnažení a sanace nosíku v čelech (příčníky) a výměnu mostovky. Předpokládá se uplatnění těchto ochranných opatření:

- stanovují se požadavky na provázení výztuže a jejího vyvedení na povrch, tj. vývody – tyčky se obnovy NK (mostovky) a čel nosníků s příčníky.

- pokud by byla nosná konstrukce zcela obnovena bude navrhována předpínací výztuž plně elektricky izolovaná dle TP 124, přednostně kategorie „C“.

- kolej bude dále navrhována dle předpisu S3 – šetrkově lože 3 cm pod patou kolejnice

- budou koordinována ochranná opatření v oblasti ukolejnění a ochrany před bleskem, zejména v oblasti dilatací

- Rozhodnutí o návrhu nedestruktivní diagnostiky koroze výztuže bude podřízeno rozsahu rekonstrukce mostního objektu.

- výztuž mostu nebude ukolejňována

- v případě návrhu propojování starých a nových výztuží bude postupováno dle ČSN EN 1504-9, ČSN EN 1504-10.

8.4 Požadavky na další zpracování projektové dokumentace:

8.4.1 Pro dany mostní objekt se doporučuje zpracovat samostatnou projektovou dokumentaci pro ochranu stavby před účinky bludných proudů ve shora uvedeném rozsahu a zavedených standardech.

8.5 Požadavky na měření vlivu bludných proudů:

8.5.1 Stanovuje se požadavek na provedení měření vlivu bludných proudů v průběhu stavby a po dokončení v rozsahu dle metodického pokynu MP-DEM MD ČR (2009) resp. SR-DEM (v návrhu 2016). Specializované pracoviště se v rámci měření v průběhu stavby zúčastní demolicí poškozených částí mostní konstrukce za účelem analýzy korozního poškození mostní konstrukce a případného kontrolního měření na oddělených částech mostní konstrukce.

8.7 Aktivní katodická ochrana stavby proti účinkům bludných proudů se nenavrhuje – viz poznámka níže.

Pozn.:

8.8 Předmětem měření nebylo zjišťování plošného korozního napadení výztuže měřením poločlánkovou metodou dle MP-DEM (ASTM). S ohledem na stav nosníků je metoda vhodná, pokud je uvažováno se zachováním nosné konstrukce.

8.9 Rovněž pokud by cílem rekonstrukce bylo zachovat stávající nosnou konstrukci, je věcná úvaha z hlediska aktivních ochranných opatření se možnostmi realkalizace betonu nosné konstrukce. Z hlediska samotné aktivní ochrany se jeví varianta použití katodické ochrany proti chemickým vlivům jako problematická nejen technicky, ale i ekonomicky. Návrhy by bylo nutné na základě celkové diagnostiky mostní stavby vyhodnotit. Použití předpínací výztuže výrazně omezuje možnost použití takové ochrany. Diagnostika mostní stavby podrobněji neuvedí rozsah karbonatce a obsahu chloridů v NK.

Část B:

8.10 Hodnocení měření mostního objektu určeného pro trakční soustavu elektrizovanou stejnosměrnou produkovanou trakční soustavou z hlediska zavedených metodik a ve vztahu k používání předpínací výztuži. Odkazuje se na závěry uvedené ve zprávě pro mostní objekt „Most v km 1,225 TÚ 0791 Praha – Libeň – Holešovice evid.km 1,225 (Zenklova ulice), kde je uvedeno hodnocení všech měřených případů daného úkolu.

8.11 Konstatuje se, že účelem měření nebyla dlouhodobá výzkumná činnost či dlouhodobé měření zaměřené na chování předpínací výztuže u stávajících relativně „starších“ (cca ze šedesátých a sedmdesátých let) mostních objektů z hlediska korozního napadení působením bludných proudů. Předmětem díla byl základní korozní průzkum – podklad pro rekonstrukci mostní stavby v rozsahu zavedených metodik. Na základě jednání s objednatelům bylo dohodnuto, že v rámci této standardní činnosti specializované pracoviště nad rámec rozsahu standardních měření a prohlídky stavby zahrme i účast při rekonstrukci stavby předpínací výztuže. Bylo tak provedeno nadstandardní signální měření, kdy v rámci dílčí stavební diagnostiky orientované na stav předpínací výztuže ve vybraných nosnících bylo možné doplnit měření dostupných elektrických parametrů mostního objektu.

Podrobněji k otázkám vlivu bludných proudů ve vztahu k předpínací výztuži – viz mostní objekt Zenklova.

Pozn.: Měření dle metodického pokynu MP-DEM 2009 zpracovává specializované pracoviště způsobilé k těmto činnostem dle Metodického pokynu k rezortnímu systému jakosti v oboru pozemních komunikací, č.j.45/2015-120-TN/55 č.341/2015.

Rozsah měření byl stanoven adekvátně typu a provedení stavby k dané metodice měření.

V Praze dne: 29.10.2015

Vypracoval:

JEKU s.r.o.

Ing. Bohumil Kučera

Ing. Stanislav Novák

9. Fotodokumentace



Obr. 3 Pohled na most od severozápadu



Obr. 4 Pohled na pochozí polovinu mostu



Obr. 5 Pohled na kolejnici vedenou na mostě



Obr. 9 Korodující přislušenství a protidotykova zábrana na tramvajovou trolej



Obr. 10 Kolejové lože na nosné konstrukci



Obr. 11 Kolejové lože na nosné konstrukci



Obr. 12 Měření na obnažené výztuži na NK



Obr. 13 Měření napětí kolejniče vedené na odstavné nádraží Praha Jih v ústi oplocení mimo most

tab.1 Záznam údajů dU1 a dU2 v bodě M1
 Most v km 3,007 TÚ 0206 (Praha Vršovice - Praha Radošín)
 Chodovská ulice v Praze

míst.	Stavová M1		Údaje v mV		Údaje v mV	
	dU1	dU2	dU1	dU2	dU1	dU2
1	+	+	-	-	-	-
2	+	+	-	-	-	-
3	+	+	-	-	-	-
4	+	+	-	-	-	-
5	+	+	-	-	-	-
6	+	+	-	-	-	-
7	+	+	-	-	-	-
8	+	+	-	-	-	-
9	+	+	-	-	-	-
10	+	+	-	-	-	-
11	+	+	-	-	-	-
12	+	+	-	-	-	-
13	+	+	-	-	-	-
14	+	+	-	-	-	-
15	+	+	-	-	-	-
16	+	+	-	-	-	-
17	+	+	-	-	-	-
18	+	+	-	-	-	-
19	+	+	-	-	-	-
20	+	+	-	-	-	-
21	+	+	-	-	-	-
22	+	+	-	-	-	-
23	+	+	-	-	-	-
24	+	+	-	-	-	-
25	+	+	-	-	-	-
26	+	+	-	-	-	-
27	+	+	-	-	-	-
28	+	+	-	-	-	-
29	+	+	-	-	-	-
30	+	+	-	-	-	-
31	+	+	-	-	-	-
32	+	+	-	-	-	-
33	+	+	-	-	-	-
34	+	+	-	-	-	-
35	+	+	-	-	-	-
36	+	+	-	-	-	-
37	+	+	-	-	-	-
38	+	+	-	-	-	-
39	+	+	-	-	-	-
40	+	+	-	-	-	-
41	+	+	-	-	-	-
42	+	+	-	-	-	-
43	+	+	-	-	-	-
44	+	+	-	-	-	-
45	+	+	-	-	-	-
46	+	+	-	-	-	-
47	+	+	-	-	-	-
48	+	+	-	-	-	-
49	+	+	-	-	-	-
50	+	+	-	-	-	-
51	+	+	-	-	-	-
52	+	+	-	-	-	-
53	+	+	-	-	-	-
54	+	+	-	-	-	-
55	+	+	-	-	-	-
56	+	+	-	-	-	-
57	+	+	-	-	-	-
58	+	+	-	-	-	-
59	+	+	-	-	-	-
60	+	+	-	-	-	-
61	+	+	-	-	-	-
62	+	+	-	-	-	-
63	+	+	-	-	-	-
64	+	+	-	-	-	-
65	+	+	-	-	-	-
66	+	+	-	-	-	-
67	+	+	-	-	-	-
68	+	+	-	-	-	-
69	+	+	-	-	-	-
70	+	+	-	-	-	-
71	+	+	-	-	-	-
72	+	+	-	-	-	-
73	+	+	-	-	-	-
74	+	+	-	-	-	-
75	+	+	-	-	-	-
76	+	+	-	-	-	-
77	+	+	-	-	-	-
78	+	+	-	-	-	-
79	+	+	-	-	-	-
80	+	+	-	-	-	-
81	+	+	-	-	-	-
82	+	+	-	-	-	-
83	+	+	-	-	-	-
84	+	+	-	-	-	-
85	+	+	-	-	-	-
86	+	+	-	-	-	-
87	+	+	-	-	-	-
88	+	+	-	-	-	-
89	+	+	-	-	-	-
90	+	+	-	-	-	-
91	+	+	-	-	-	-
92	+	+	-	-	-	-
93	+	+	-	-	-	-
94	+	+	-	-	-	-
95	+	+	-	-	-	-
96	+	+	-	-	-	-
97	+	+	-	-	-	-
98	+	+	-	-	-	-
99	+	+	-	-	-	-
100	+	+	-	-	-	-
101	+	+	-	-	-	-
102	+	+	-	-	-	-
103	+	+	-	-	-	-
104	+	+	-	-	-	-
105	+	+	-	-	-	-
106	+	+	-	-	-	-
107	+	+	-	-	-	-
108	+	+	-	-	-	-
109	+	+	-	-	-	-
110	+	+	-	-	-	-
111	+	+	-	-	-	-
112	+	+	-	-	-	-
113	+	+	-	-	-	-
114	+	+	-	-	-	-
115	+	+	-	-	-	-
116	+	+	-	-	-	-
117	+	+	-	-	-	-
118	+	+	-	-	-	-
119	+	+	-	-	-	-
120	+	+	-	-	-	-

[illegible]

Material A is a 100% virgin

tab.2 Záznam údajů dU1 a dU2 v bodě M2
Most v km 3,007 TJ 0206 (Praha Vršovice - Praha Radotín)
Chodovská ulice v Praze

[illegible]

[illegible]

tab.3 Zdanlivý měrný odpor půdy v místech M1 a M2

podmínky: jasno, slunečno, teplota +28°C, zem suchá, hlinitá

datum měření: 24.8.2016

Most v km 3,007 TÚ 0206 Praha Vršovice - Praha Radotín
Chodovská ulice v Praze

bod M1				
SONEL MRU 200				
vzdál. elektrod [m]	R [ohm]	koeficient	r ₀ [ohm.m]	stupeň agresivity
I	3,75	1,6	37,7	III.
3	1,49	1,6	44,8	III.
5	0,80	1,6	40,1	III.

bod M2				
SONEL MRU 200				
vzdál. elektrod [m]	R [ohm]	koeficient	r ₀ [ohm.m]	stupeň agresivity
I	8,99	1,6	90,4	II.
3	3,34	1,6	100,7	I.
5	1,39	1,6	69,7	II.

tab.4 Výpočet pole bludných proudů v bodech M1 a M2

	žetnost [%]	E _p [mV.m-1]	směr [st.]	r ₀ [ohm.m]	I [A.m-2]	stupeň agresivity
M1	I.kv. ++	0.0	0.0	0.0	37.7	0.00E+00
	II.kv. +-	0.2	3.0	174.9	37.7	7.84E-05
	III.kv. --	99.7	7.8	217.8	37.7	2.07E-04
	IV.kv. - +	0.2	3.2	289.3	37.7	8.62E-05
M2	I.kv. ++	0.0	0.0	0.0	69.7	0.00E+00
	II.kv. +-	100.0	12.9	123.8	69.7	1.84E-04
	III.kv. --	0.0	0.0	0.0	69.7	0.00E+00
	IV.kv. - +	0.0	0.0	0.0	69.7	0.00E+00

tab.5 Průběh smíšeného potenciálu
 akce: Most v km 3,007 TU 0208 Praha Vršovce - Praha Radolín
 (Chodovská ulice v Praze) 24.8.2016

	optika	NK
1	914.44	-85.30
2	905.71	-93.68
3	868.97	-137.47
4	851.22	-101.11
5	823.72	-89.27
6	794.91	-77.31
7	761.69	-65.86
8	727.20	-54.14
9	691.23	-42.13
10	653.84	-30.07
11	616.01	-17.98
12	577.84	-5.84
13	539.38	6.49
14	500.64	18.84
15	461.64	31.19
16	422.39	43.54
17	382.89	55.89
18	343.14	68.24
19	303.14	80.59
20	262.89	92.94
21	222.39	105.29
22	181.64	117.64
23	140.64	129.99
24	99.39	142.34
25	57.89	154.69
26	16.14	167.04
27	-25.61	179.39
28	-67.06	191.74
29	-108.41	204.09
30	-149.66	216.44
31	-190.91	228.79
32	-232.16	241.14
33	-273.41	253.49
34	-314.66	265.84
35	-355.91	278.19
36	-397.16	290.54
37	-438.41	302.89
38	-479.66	315.24
39	-520.91	327.59
40	-562.16	339.94
41	-603.41	352.29
42	-644.66	364.64
43	-685.91	376.99
44	-727.16	389.34
45	-768.41	401.69
46	-809.66	414.04
47	-850.91	426.39
48	-892.16	438.74
49	-933.41	451.09
50	-974.66	463.44
51	-1015.91	475.79
52	-1057.16	488.14
53	-1098.41	500.49
54	-1139.66	512.84
55	-1180.91	525.19
56	-1222.16	537.54
57	-1263.41	549.89
58	-1304.66	562.24
59	-1345.91	574.59
60	-1387.16	586.94
61	-1428.41	599.29
62	-1469.66	611.64
63	-1510.91	623.99
64	-1552.16	636.34
65	-1593.41	648.69
66	-1634.66	661.04
67	-1675.91	673.39
68	-1717.16	685.74
69	-1758.41	698.09
70	-1799.66	710.44
71	-1840.91	722.79
72	-1882.16	735.14
73	-1923.41	747.49
74	-1964.66	759.84
75	-2005.91	772.19
76	-2047.16	784.54
77	-2088.41	796.89
78	-2129.66	809.24
79	-2170.91	821.59
80	-2212.16	833.94
81	-2253.41	846.29
82	-2294.66	858.64
83	-2335.91	870.99
84	-2377.16	883.34
85	-2418.41	895.69
86	-2459.66	908.04
87	-2500.91	920.39
88	-2542.16	932.74
89	-2583.41	945.09
90	-2624.66	957.44
91	-2665.91	969.79
92	-2707.16	982.14
93	-2748.41	994.49
94	-2789.66	1006.84
95	-2830.91	1019.19
96	-2872.16	1031.54
97	-2913.41	1043.89
98	-2954.66	1056.24
99	-2995.91	1068.59
100	-3037.16	1080.94
101	-3078.41	1093.29
102	-3119.66	1105.64
103	-3160.91	1117.99
104	-3202.16	1130.34
105	-3243.41	1142.69
106	-3284.66	1155.04
107	-3325.91	1167.39
108	-3367.16	1179.74
109	-3408.41	1192.09
110	-3449.66	1204.44
111	-3490.91	1216.79
112	-3532.16	1229.14
113	-3573.41	1241.49
114	-3614.66	1253.84
115	-3655.91	1266.19
116	-3697.16	1278.54
117	-3738.41	1290.89
118	-3779.66	1303.24
119	-3820.91	1315.59
120	-3862.16	1327.94
121	-3903.41	1340.29
122	-3944.66	1352.64

Pokračování tab.5 Průběh smíšeného potenciálu
 akce: Most v km 3,007 TU 0208 Praha Vršovce - Praha Radolín
 (Chodovská ulice v Praze) 24.8.2016

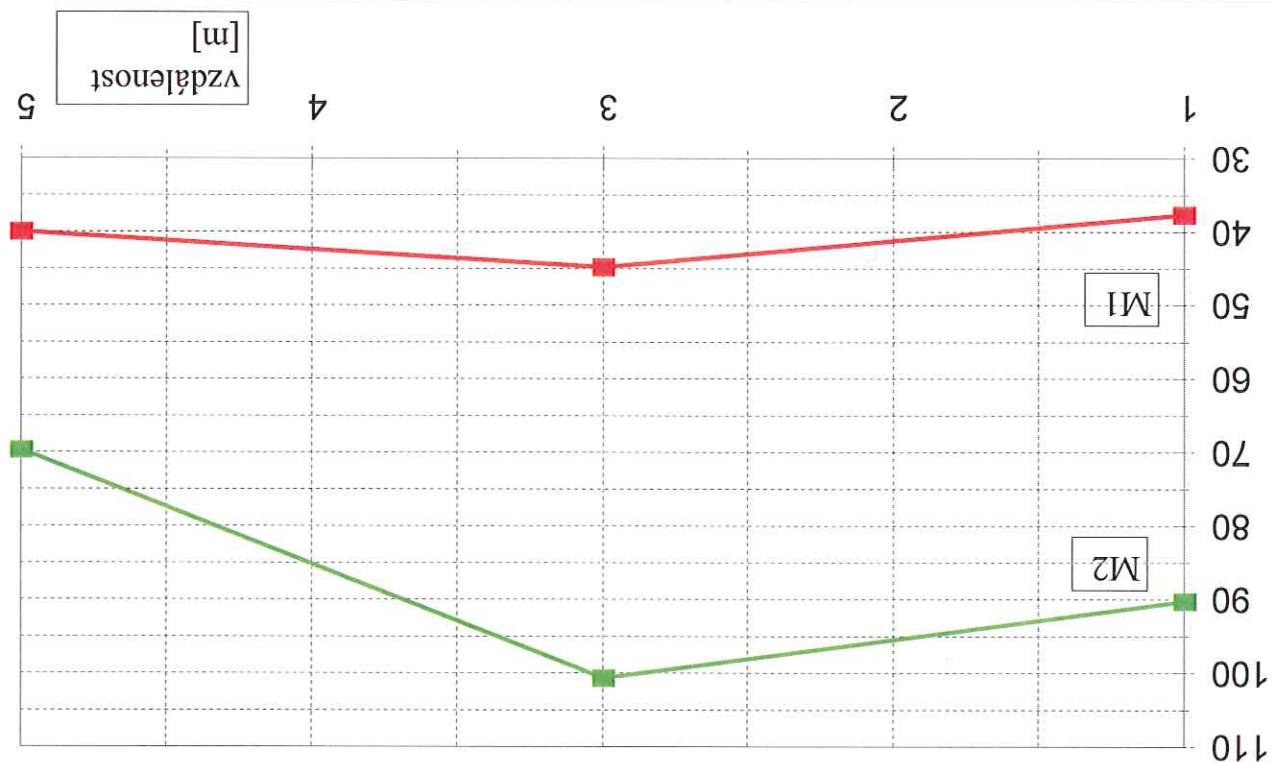
	optika	NK
123	-3985.91	1364.99
124	-4027.16	1377.34
125	-4068.41	1389.69
126	-4109.66	1402.04
127	-4150.91	1414.39
128	-4192.16	1426.74
129	-4233.41	1439.09
130	-4274.66	1451.44
131	-4315.91	1463.79
132	-4357.16	1476.14
133	-4398.41	1488.49
134	-4439.66	1500.84
135	-4480.91	1513.19
136	-4522.16	1525.54
137	-4563.41	1537.89
138	-4604.66	1550.24
139	-4645.91	1562.59
140	-4687.16	1574.94
141	-4728.41	1587.29
142	-4769.66	1599.64
143	-4810.91	1611.99
144	-4852.16	1624.34
145	-4893.41	1636.69
146	-4934.66	1649.04
147	-4975.91	1661.39
148	-5017.16	1673.74
149	-5058.41	1686.09
150	-5099.66	1698.44
151	-5140.91	1710.79
152	-5182.16	1723.14
153	-5223.41	1735.49
154	-5264.66	1747.84
155	-5305.91	1760.19
156	-5347.16	1772.54
157	-5388.41	1784.89
158	-5429.66	1797.24
159	-5470.91	1809.59
160	-5512.16	1821.94
161	-5553.41	1834.29
162	-5594.66	1846.64
163	-5635.91	1858.99
164	-5677.16	1871.34
165	-5718.41	1883.69
166	-5759.66	1896.04
167	-5800.91	1908.39
168	-5842.16	1920.74
169	-5883.41	1933.09
170	-5924.66	1945.44
171	-5965.91	1957.79
172	-6007.16	1970.14
173	-6048.41	1982.49
174	-6089.66	1994.84
175	-6130.91	2007.19
176	-6172.16	2019.54
177	-6213.41	2031.89
178	-6254.66	2044.24
179	-6295.91	2056.59
180	-6337.16	2068.94
181	-6378.41	2081.29
182	-6419.66	2093.64
183	-6460.91	2105.99
184	-6502.16	2118.34
185	-6543.41	2130.69
186	-6584.66	2143.04
187	-6625.91	2155.39
188	-6667.16	2167.74
189	-6708.41	2180.09
190	-6749.66	2192.44
191	-6790.91	2204.79
192	-6832.16	2217.14
193	-6873.41	2229.49
194	-6914.66	2241.84
195	-6955.91	2254.19
196	-6997.16	2266.54
197	-7038.41	2278.89
198	-7079.66	2291.24
199	-7120.91	2303.59
200	-7162.16	2315.94
201	-7203.41	2328.29
202	-7244.66	2340.64
203	-7285.91	2352.99
204	-7327.16	2365.34
205	-7368.41	2377.69
206	-7409.66	2390.04
207	-7450.91	2402.39
208	-7492.16	2414.74
209	-7533.41	2427.09
210	-7574.66	2439.44
211	-7615.91	2451.79
212	-7657.16	2464.14
213	-7698.41	2476.49
214	-7739.66	2488.84
215	-7780.91	2501.19
216	-7822.16	2513.54
217	-7863.41	2525.89
218	-7904.66	2538.24
219	-7945.91	2550.59
220	-7987.16	2562.94
221	-8028.41	2575.29
222	-8069.66	2587.64
223	-8110.91	2599.99
224	-8152.16	2612.34
225	-8193.41	2624.69
226	-8234.66	2637.04
227	-8275.91	2649.39
228	-8317.16	2661.74
229	-8358.41	2674.09
230	-8399.66	2686.44
231	-8440.91	2698.79
232	-8482.16	2711.14
233	-8523.41	2723.49
234	-8564.66	2735.84
235	-8605.91	2748.19
236	-8647.16	2760.54
237	-8688.41	2772.89
238	-8729.66	2785.24
239	-8770.91	2797.59
240	-8812.16	2809.94
241	-8853.41	2822.29
242	-8894.66	2834.64
243	-8935.91	2846.99
244	-8977.16	2859.34
245	-9018.41	2871.69
246	-9059.66	2884.04
247	-9100.91	2896.39
248	-9142.16	2908.74
249	-9183.41	2921.09
250	-9224.66	2933.44
251	-9265.91	2945.79
252	-9307.16	2958.14
253	-9348.41	2970.49
254	-9389.66	2982.84
255	-9430.91	2995.19
256	-9472.16	3007.54
257	-9513.41	3019.89
258	-9554.66	3032.24
259	-9595.91	3044.59
260	-9637.16	3056.94
261	-9678.41	3069.29
262	-9719.66	3081.64
263	-9760.91	3093.99
264	-9802.16	3106.34
265	-9843.41	3118.69
266	-9884.66	3131.04
267	-9925.91	3143.39
268	-9967.16	3155.74
269	-10008.41	3168.09
270	-10049.66	3180.44
271	-10090.91	3192.79
272	-10132.16	3205.14
273	-10173.41	3217.49
274	-10214.66	3229.84
275	-10255.91	3242.19
276	-10297.16	3254.54
277	-10338.41	3266.89
278	-10379.66	3279.24
279	-10420.91	3291.59
280	-10462.16	3303.94
281	-10503.41	3316.29
282	-10544.66	3328.64
283	-10585.91	3340.99
284	-10627.16	3353.34
285	-10668.41	3365.69
286	-10709.66	3378.04
287	-10750.91	3390.39
288	-10792.16	3402.74
289	-10833.41	3415.09
290	-10874.66	3427.44
291	-10915.91	3439.79
292	-10957.16	3452.14
293	-11000.91	3464.49
294	-11041.66	3476.84
295	-11082.91	3489.19
296	-11124.66	3501.54
297	-11165.91	3513.89
298	-11207.16	3526.24
299	-11248.41	3538.59
300	-11289.66	3550.94

tab.6 Průběh potenciálového spádu
akce: Most v km 3,007 TU 0206 Praha Vršovice - Praha Radotín
(Chodovská ulice v Praze) 24.8.2016

120	mV	VO	x	6884,74
119	mV	optera	x	6802,21
118	mV	NK	x	6829,16
117	mV	VO	x	6937,99
116	mV	optera	x	6902,16
115	mV	NK	x	6852,32
114	mV	VO	x	6744,05
113	mV	optera	x	6884,74
112	mV	NK	x	7484,28
111	mV	VO	x	7271,73
110	mV	optera	x	7202,27
109	mV	NK	x	6471,62
108	mV	VO	x	6471,62
107	mV	optera	x	6471,62
106	mV	NK	x	6471,62
105	mV	VO	x	6471,62
104	mV	optera	x	6471,62
103	mV	NK	x	6471,62
102	mV	VO	x	6471,62
101	mV	optera	x	6471,62
100	mV	NK	x	6471,62
99	mV	VO	x	6471,62
98	mV	optera	x	6471,62
97	mV	NK	x	6471,62
96	mV	VO	x	6471,62
95	mV	optera	x	6471,62
94	mV	NK	x	6471,62
93	mV	VO	x	6471,62
92	mV	optera	x	6471,62
91	mV	NK	x	6471,62
90	mV	VO	x	6471,62
89	mV	optera	x	6471,62
88	mV	NK	x	6471,62
87	mV	VO	x	6471,62
86	mV	optera	x	6471,62
85	mV	NK	x	6471,62
84	mV	VO	x	6471,62
83	mV	optera	x	6471,62
82	mV	NK	x	6471,62
81	mV	VO	x	6471,62
80	mV	optera	x	6471,62
79	mV	NK	x	6471,62
78	mV	VO	x	6471,62
77	mV	optera	x	6471,62
76	mV	NK	x	6471,62
75	mV	VO	x	6471,62
74	mV	optera	x	6471,62
73	mV	NK	x	6471,62
72	mV	VO	x	6471,62
71	mV	optera	x	6471,62
70	mV	NK	x	6471,62
69	mV	VO	x	6471,62
68	mV	optera	x	6471,62
67	mV	NK	x	6471,62
66	mV	VO	x	6471,62
65	mV	optera	x	6471,62
64	mV	NK	x	6471,62
63	mV	VO	x	6471,62
62	mV	optera	x	6471,62
61	mV	NK	x	6471,62
60	mV	VO	x	6471,62
59	mV	optera	x	6471,62
58	mV	NK	x	6471,62
57	mV	VO	x	6471,62
56	mV	optera	x	6471,62
55	mV	NK	x	6471,62
54	mV	VO	x	6471,62
53	mV	optera	x	6471,62
52	mV	NK	x	6471,62
51	mV	VO	x	6471,62
50	mV	optera	x	6471,62
49	mV	NK	x	6471,62
48	mV	VO	x	6471,62
47	mV	optera	x	6471,62
46	mV	NK	x	6471,62
45	mV	VO	x	6471,62
44	mV	optera	x	6471,62
43	mV	NK	x	6471,62
42	mV	VO	x	6471,62
41	mV	optera	x	6471,62
40	mV	NK	x	6471,62
39	mV	VO	x	6471,62
38	mV	optera	x	6471,62
37	mV	NK	x	6471,62
36	mV	VO	x	6471,62
35	mV	optera	x	6471,62
34	mV	NK	x	6471,62
33	mV	VO	x	6471,62
32	mV	optera	x	6471,62
31	mV	NK	x	6471,62
30	mV	VO	x	6471,62
29	mV	optera	x	6471,62
28	mV	NK	x	6471,62
27	mV	VO	x	6471,62
26	mV	optera	x	6471,62
25	mV	NK	x	6471,62
24	mV	VO	x	6471,62
23	mV	optera	x	6471,62
22	mV	NK	x	6471,62
21	mV	VO	x	6471,62
20	mV	optera	x	6471,62
19	mV	NK	x	6471,62
18	mV	VO	x	6471,62
17	mV	optera	x	6471,62
16	mV	NK	x	6471,62
15	mV	VO	x	6471,62
14	mV	optera	x	6471,62
13	mV	NK	x	6471,62
12	mV	VO	x	6471,62
11	mV	optera	x	6471,62
10	mV	NK	x	6471,62
9	mV	VO	x	6471,62
8	mV	optera	x	6471,62
7	mV	NK	x	6471,62
6	mV	VO	x	6471,62
5	mV	optera	x	6471,62
4	mV	NK	x	6471,62
3	mV	VO	x	6471,62
2	mV	optera	x	6471,62
1	mV	NK	x	6471,62

[illegible]

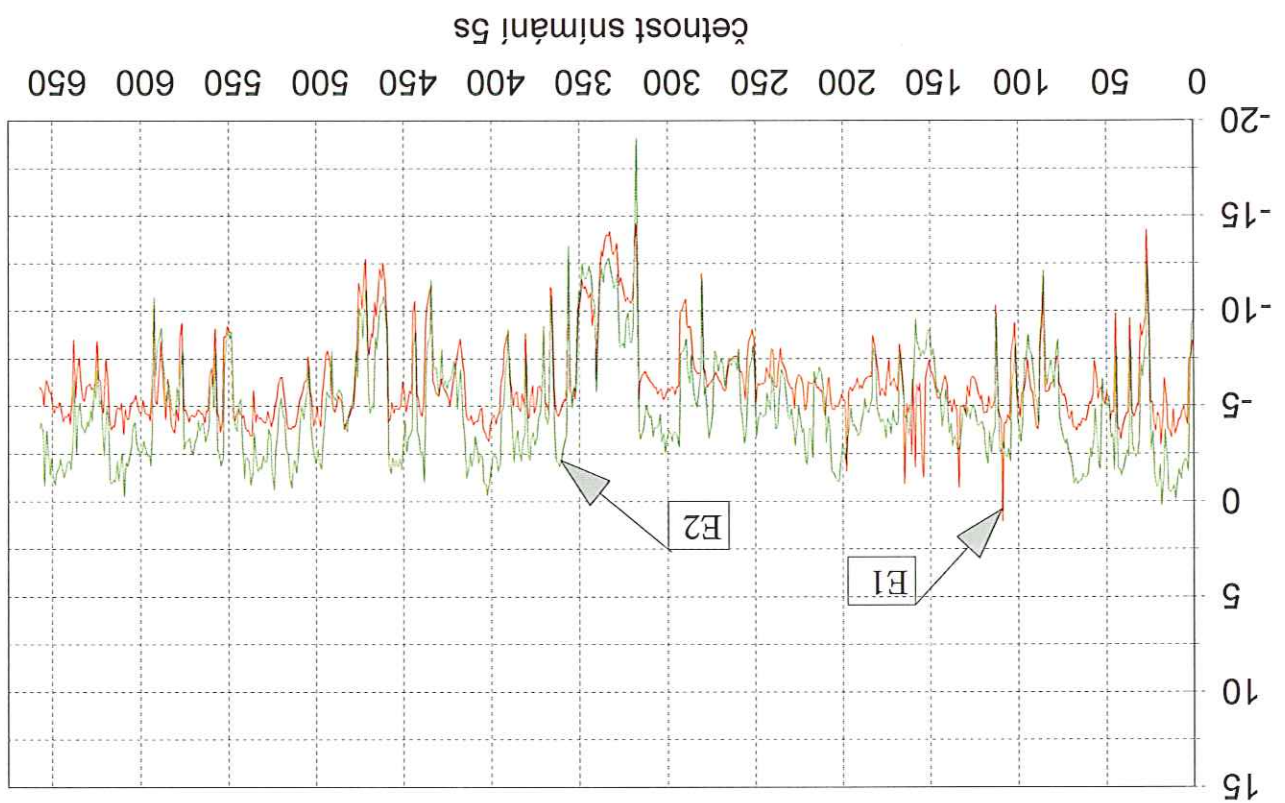
Grafický záznam hodnot měrného odporu
 Most v km 3,007 TÚ 0206 Praha Vršovice - Praha Radotín
 (Chodovská ulice v Praze), 24.8.2016
 body M1 a M2



Záznam údajů M1, 24.8.2016

Intenzita elektrického pole v zemi
(přepočteno z naměřených hodnot na mV/m)
Most v km 3,007 TÚ 0206 Praha Vršovice - Praha Radotín
(Chodovská ulice v Praze)

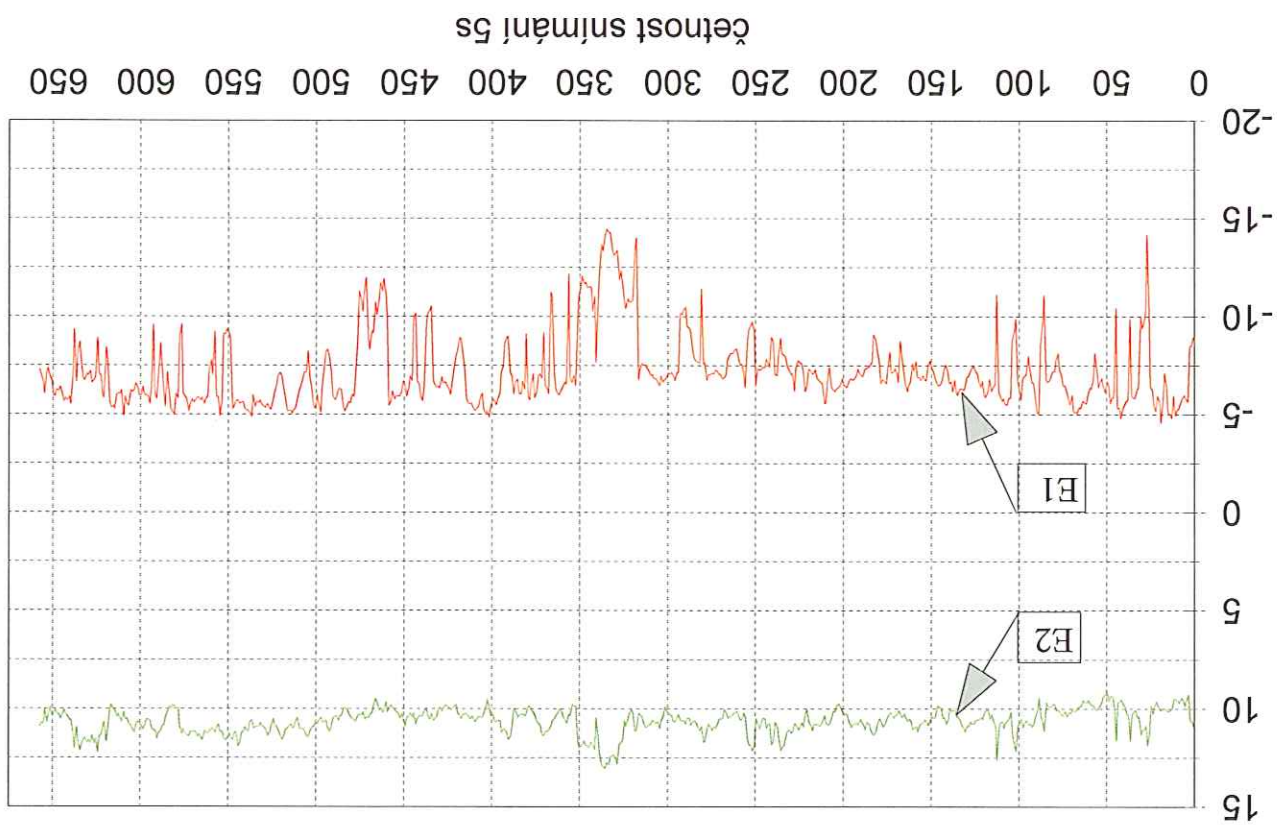
E
[mV/m]



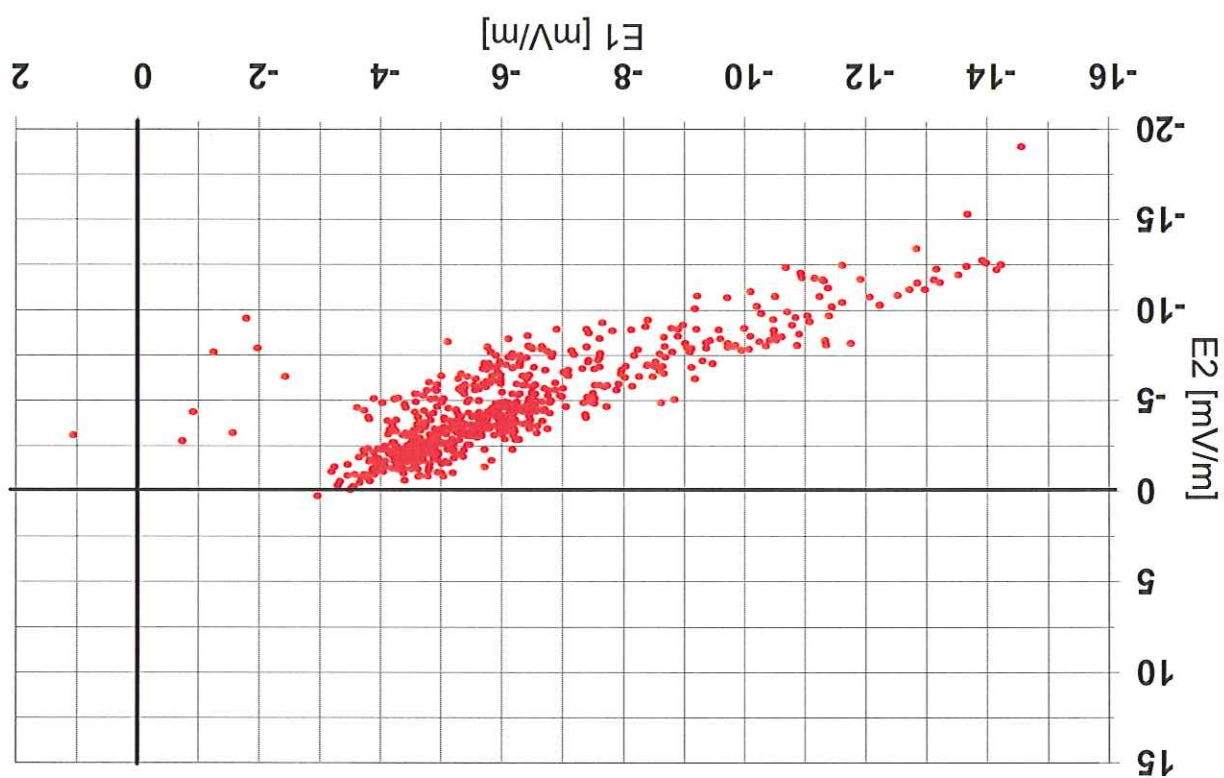
časť snímání 5s

Záznam údajů M2, 24.8.2016

Intenzita elektrického pole v zemi
(přepočteno z naměřených hodnot na mV/m)
Most v km 3,007 TÚ 0206 Praha Vršovice - Praha Radotín
(Chodovská ulice v Praze)

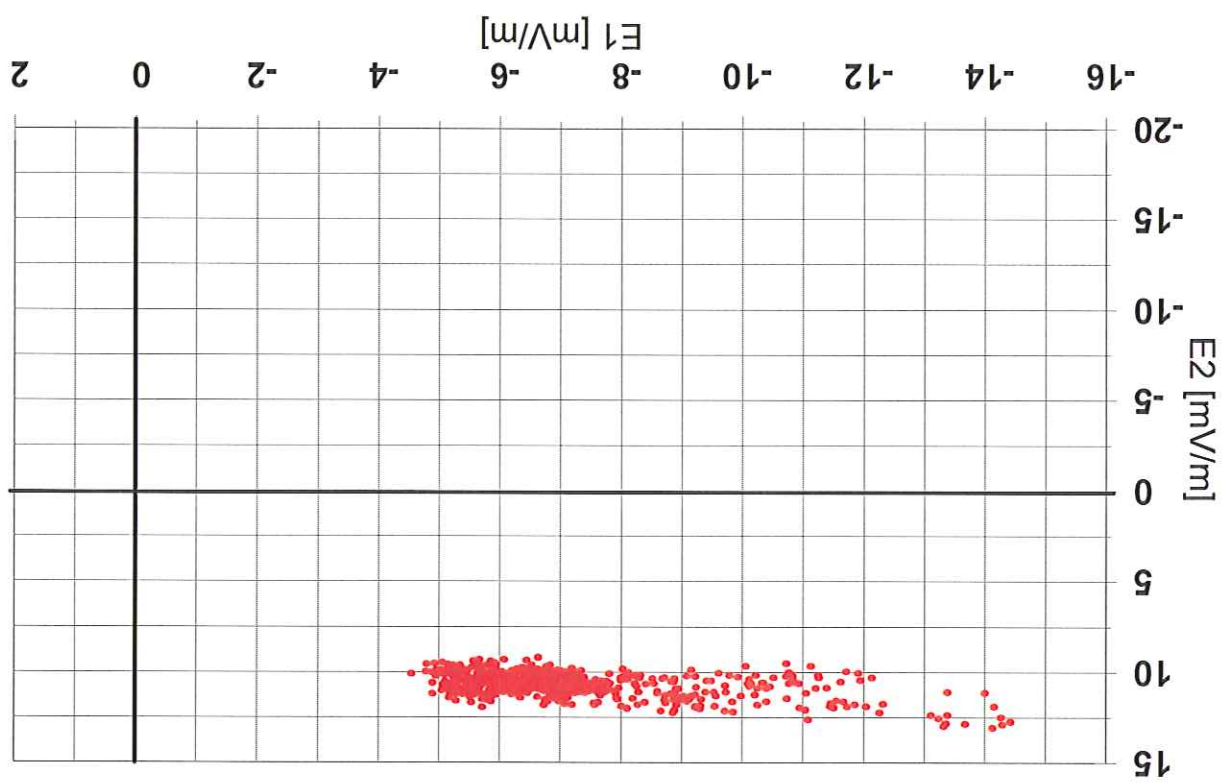


Histogram měřených hodnot v bodě M1
 Most v km 3,007 TÚ 0206 Praha Vršovice - Praha Radotín
 (Chodovská ulice v Praze), 24.8.2016



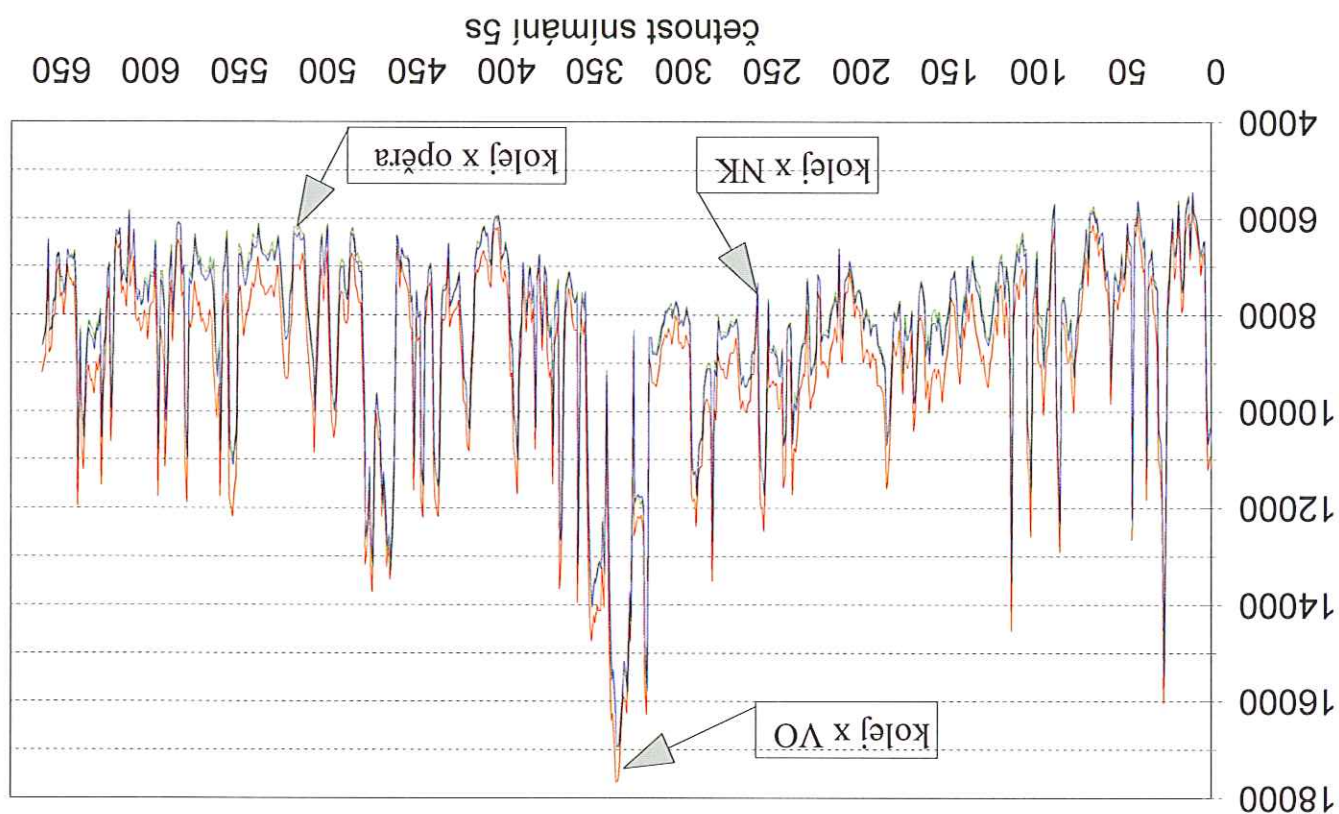
Histogram měřených hodnot v bodě M2

Most v km 3,007 TÚ 0206 Praha Višovice - Praha Radotín
(Chodovská ulice v Praze), 24.8.2016



Průběh potenciálového spádu Most v km 3,007 TÚ 0206 Praha Vršovice - Praha Radotín (Chodovská ulice v Praze), 24.8.2016

U [mV]

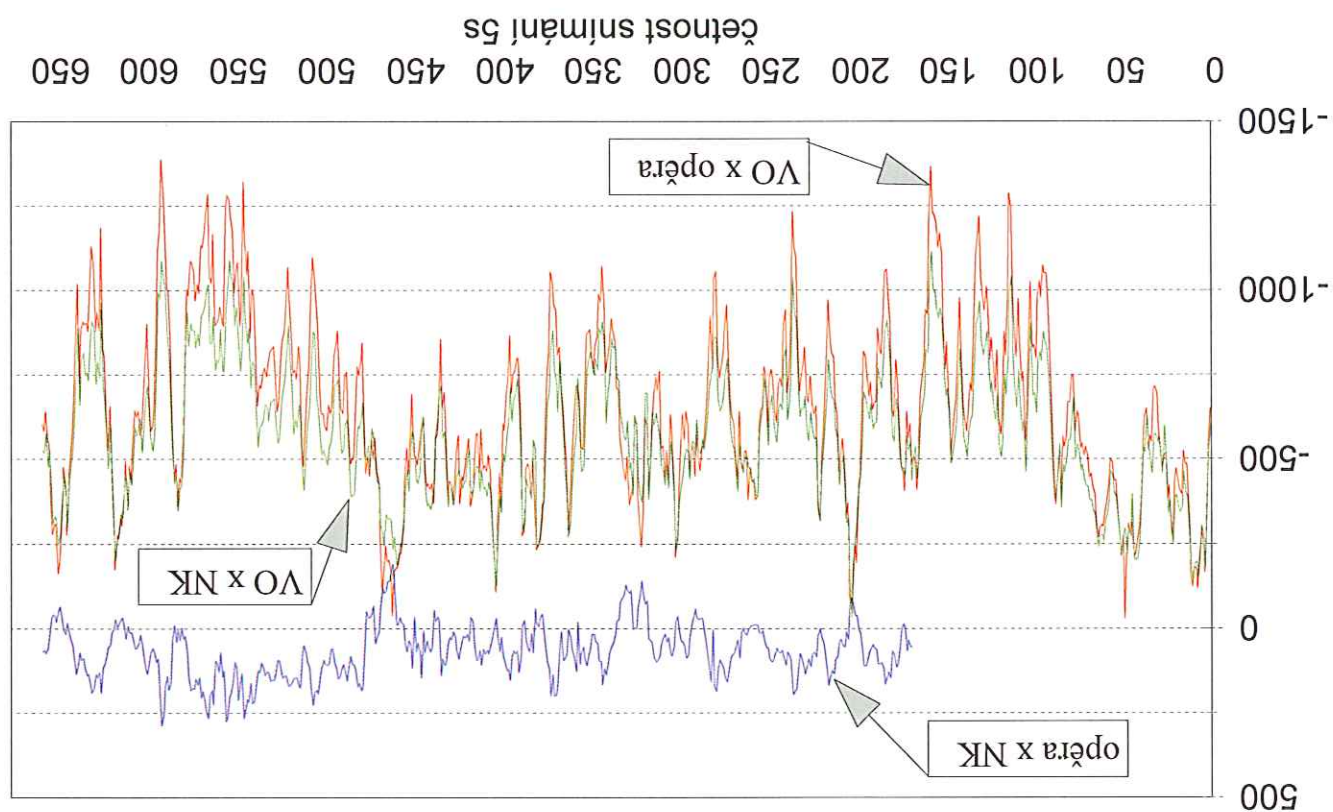


četnost snímků 5s

Průběh potenciálového spádu

Most v km 3,007 TÚ 0206 Praha Vršovice - Praha Radotín
(Chodovská ulice v Praze), 24.8.2016

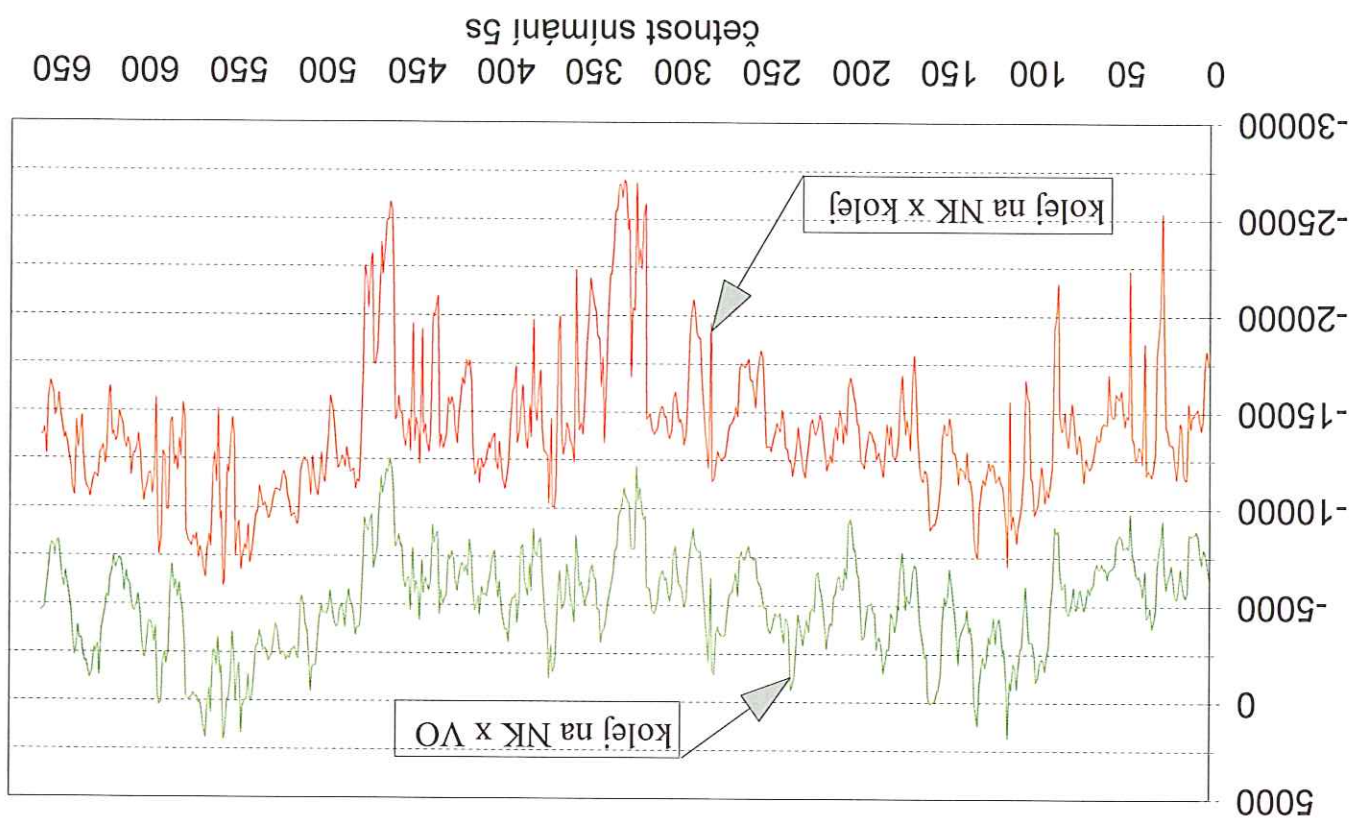
U
[mV]



Průběh potenciálového spádu

Most v km 3,007 TÚ 0206 Praha Vršovice - Praha Radotín
(Chodovská ulice v Praze), 24.8.2016

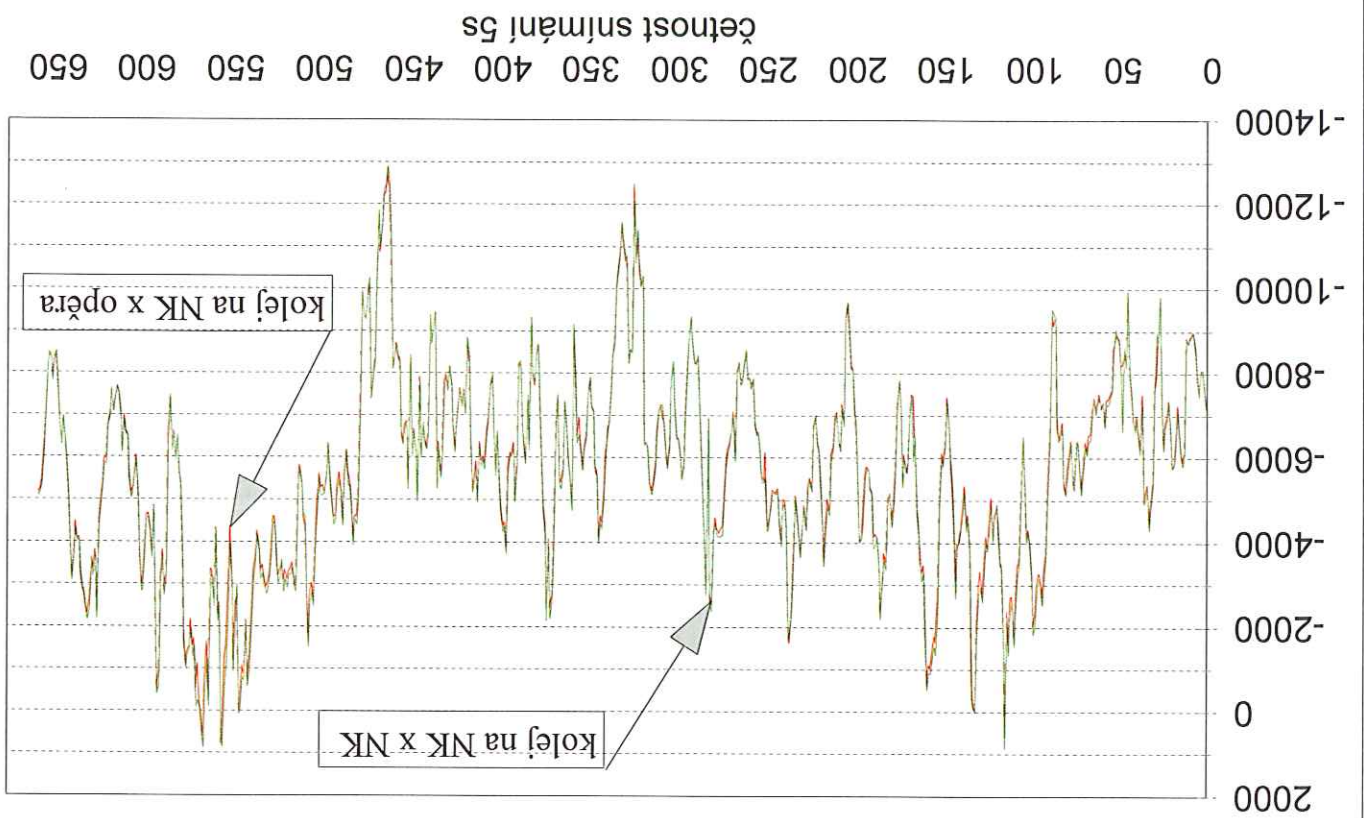
U
[mV]



Průběh potenciálového spádu

Most v km 3,007 TÚ 0206 Praha Vršovice - Praha Radotín
(Chodovská ulice v Praze), 24.8.2016

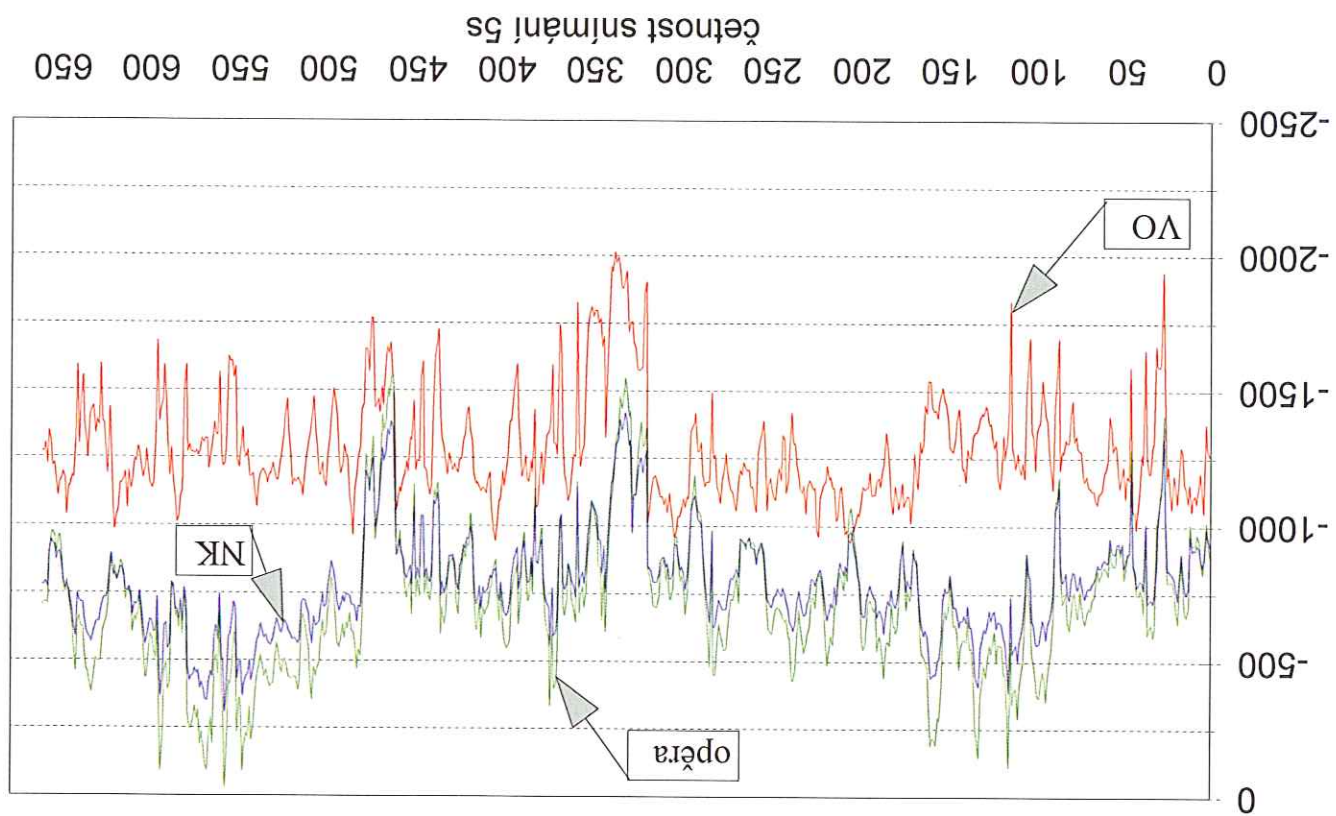
U
[mV]



Průběh směšného potenciálu

Most v km 3,007 TÚ 0206 Praha Vršovice - Praha Radotín
(Chodovská ulice v Praze), 24.8.2016

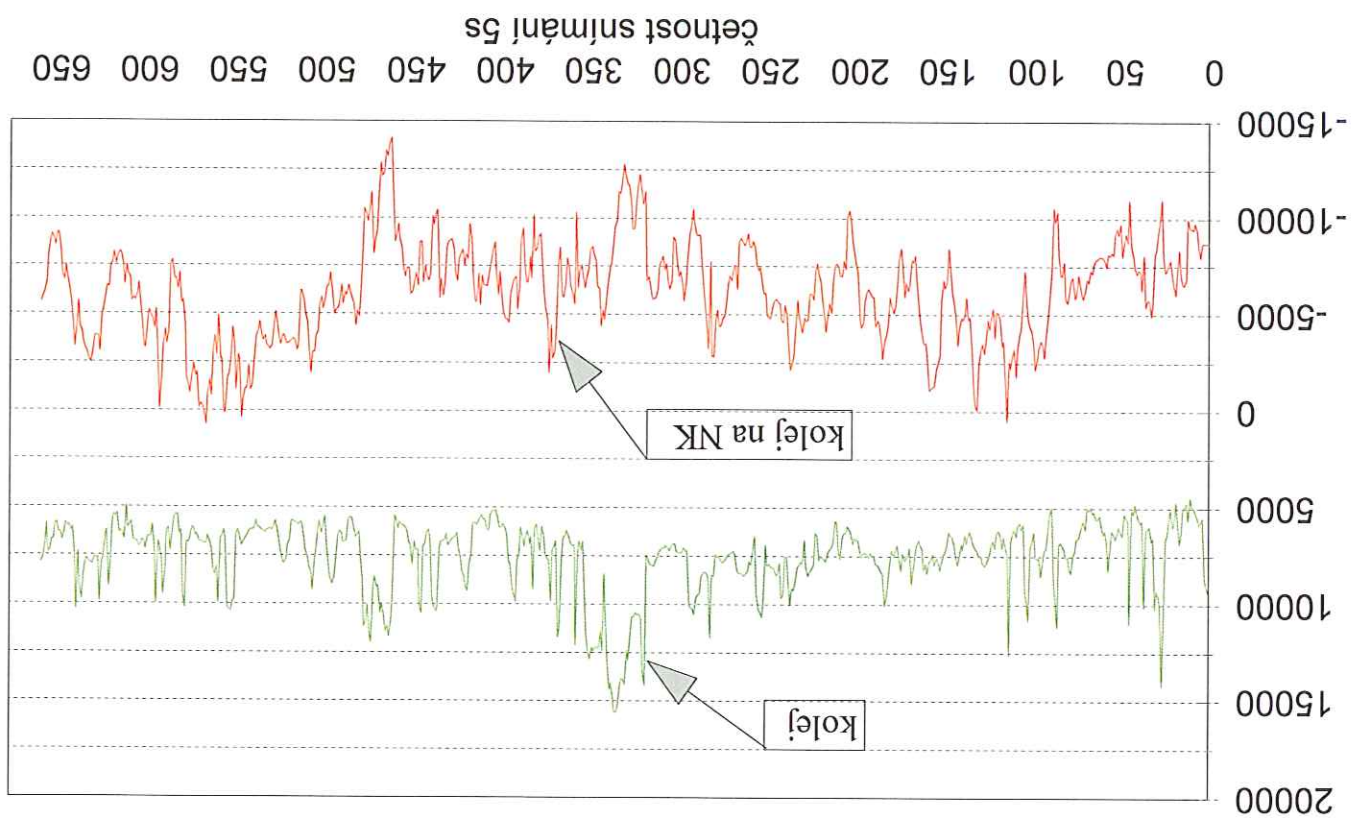
U_z
[mV]



Průběh směsného potenciálu

Most v km 3,007 TÚ 0206 Praha Vršovice - Praha Radotín
(Chodovská ulice v Praze), 24.8.2016

U_z
[mV]



Most v km 3,007 TÚ 0206 (Praha Vršovice - Praha Radotín)

[illegible]

[illegible]

tab.2 Záznam údajů dU1 a dU2 v bodě M2
Most v km 3,007 TÚ 0206 (Praha Vršovice - Praha Radotín)
Chodovská ulice v Praze

Měř. č.	Smerová M2		24.8.2016		údaje v mV	
	dU1	dU2	dU1	dU2	dU1	dU2
1	-89.0	109.4	-89.0	109.4	-88.97	109.41
2	-85.3	106.6	-85.3	106.6	-84.00	106.42
3	-84.0	106.6	-84.0	106.6	-84.00	106.76
4	-66.5	93.4	-66.5	93.4	-56.50	93.41
5	-57.7	96.4	-57.7	96.4	-57.71	96.43
6	-59.3	99.9	-59.3	99.9	-59.31	99.92
7	-58.2	95.7	-58.2	95.7	-58.16	95.72
8	-56.2	95.1	-56.2	95.1	-56.15	95.09
9	-52.6	97.4	-52.6	97.4	-52.61	97.40
10	-52.2	96.5	-52.2	96.5	-52.23	96.48
11	-49.2	95.6	-49.2	95.6	-49.21	95.60
12	-59.1	95.3	-59.1	95.3	-59.11	95.33
13	-47.8	100.0	-47.8	100.0	-47.83	99.98
14	-49.7	100.9	-49.7	100.9	-49.70	100.91
15	-50.7	101.7	-50.7	101.7	-50.65	101.72
16	-64.0	101.7	-64.0	101.7	-64.01	101.69
17	-70.7	100.1	-70.7	100.1	-70.69	100.08
18	-56.5	100.6	-56.5	100.6	-56.45	100.57
19	-45.4	101.1	-45.4	101.1	-45.36	101.07
20	-66.4	101.4	-66.4	101.4	-56.42	101.35
21	-69.3	99.9	-69.3	99.9	-59.26	98.90
22	-61.6	97.0	-61.6	97.0	-51.59	96.98
23	-62.0	99.9	-62.0	99.9	-54.03	98.89
24	-62.0	103.1	-62.0	103.1	-61.98	103.08
25	-64.2	99.9	-64.2	99.9	-64.19	98.88
26	-102.0	112.6	-102.0	112.6	-102.04	112.85
27	-141.4	119.2	-141.4	119.2	-141.42	119.22
28	-102.4	109.1	-102.4	109.1	-102.44	109.09
29	-97.2	111.1	-97.2	111.1	-97.17	111.11
30	-93.8	111.1	-93.8	111.1	-93.83	111.10
31	-99.6	113.3	-99.6	113.3	-99.63	113.25
32	-63.3	104.3	-63.3	104.3	-63.28	104.31
33	-62.6	104.6	-62.6	104.6	-62.59	104.85
34	-58.1	101.1	-58.1	101.1	-58.12	101.15
35	-58.2	101.5	-58.2	101.5	-58.22	101.48
36	-59.0	103.6	-59.0	103.6	-59.02	103.62
37	-69.3	116.6	-69.3	116.6	-69.32	116.58
38	-57.3	103.7	-57.3	103.7	-57.29	103.66
39	-56.8	102.8	-56.8	102.8	-56.77	102.85
40	-54.6	99.1	-54.6	99.1	-54.64	99.09
41	-52.9	98.1	-52.9	98.1	-52.86	98.06
42	-47.9	95.9	-47.9	95.9	-47.94	95.87
43	-53.4	96.4	-53.4	96.4	-53.40	96.36
44	-52.5	97.4	-52.5	97.4	-52.50	97.42
45	-103.9	116.6	-103.9	116.6	-103.92	116.64
46	-58.7	98.5	-58.7	98.5	-58.71	98.48
47	-58.4	94.2	-58.4	94.2	-58.37	94.19
48	-55.6	93.9	-55.6	93.9	-55.64	93.93
49	-65.1	96.4	-65.1	96.4	-65.11	96.42
50	-60.7	93.4	-60.7	93.4	-60.66	93.43
51	-60.7	93.4	-60.7	93.4	-60.66	93.43
52	-64.3	93.7	-64.3	93.7	-64.32	93.66
53	-69.2	99.4	-69.2	99.4	-69.23	99.45
54	-63.5	99.3	-63.5	99.3	-63.49	99.35
55	-72.1	101.0	-72.1	101.0	-72.14	100.98
56	-81.1	100.5	-81.1	100.5	-81.13	100.51
57	-68.2	99.0	-68.2	99.0	-68.17	98.96
58	-62.8	98.5	-62.8	98.5	-62.80	98.53
59	-63.6	97.7	-63.6	97.7	-63.60	97.72
60	-59.4	96.0	-59.4	96.0	-59.36	95.97
61	-55.3	97.5	-55.3	97.5	-55.34	97.45
62	-56.1	97.1	-56.1	97.1	-56.07	97.13
63	-56.6	96.2	-56.6	96.2	-56.57	96.18
64	-52.8	98.8	-52.8	98.8	-52.85	98.76
65	-53.3	99.3	-53.3	99.3	-53.32	99.32
66	-50.4	100.0	-50.4	100.0	-50.42	99.97
67	-51.1	101.2	-51.1	101.2	-51.11	101.22
68	-51.0	101.6	-51.0	101.6	-50.96	101.78
69	-59.3	100.2	-59.3	100.2	-59.31	100.22
70	-54.9	102.9	-54.9	102.9	-54.86	102.85
71	-57.3	102.1	-57.3	102.1	-57.25	102.08
72	-61.7	104.3	-61.7	104.3	-61.69	104.28
73	-64.8	101.6	-64.8	101.6	-64.77	101.83
74	-64.3	103.5	-64.3	103.5	-64.28	103.53
75	-69.5	103.7	-69.5	103.7	-69.46	103.70
76	-72.9	101.6	-72.9	101.6	-72.88	101.94
77	-60.8	101.0	-60.8	101.0	-60.77	101.05
78	-77.9	101.2	-77.9	101.2	-77.93	101.22
79	-71.9	98.4	-71.9	98.4	-71.88	98.40
80	-71.8	98.1	-71.8	98.1	-71.85	98.06
81	-69.5	99.0	-69.5	99.0	-69.46	99.03
82	-67.0	99.5	-67.0	99.5	-67.00	99.51
83	-66.2	99.2	-66.2	99.2	-66.23	99.22
84	-67.6	97.2	-67.6	97.2	-67.63	97.17
85	-110.4	111.7	-110.4	111.7	-110.43	111.69
86	-97.1	107.6	-97.1	107.6	-97.13	107.80
87	-85.1	103.9	-85.1	103.9	-85.11	103.91
88	-50.5	94.9	-50.5	94.9	-50.49	94.93
89	-51.0	101.5	-51.0	101.5	-51.00	101.47
90	-58.2	104.1	-58.2	104.1	-58.20	104.14
91	-66.1	108.0	-66.1	108.0	-66.08	107.98
92	-66.1	108.0	-66.1	108.0	-66.08	107.98
93	-66.1	108.0	-66.1	108.0	-66.08	107.98
94	-73.3	107.9	-73.3	107.9	-73.29	107.91
95	-79.5	108.8	-79.5	108.8	-79.47	108.80
96	-70.1	106.5	-70.1	106.5	-70.06	106.45
97	-69.5	107.0	-69.5	107.0	-69.46	107.04
98	-68.1	109.9	-68.1	109.9	-68.09	109.86
99	-57.3	105.6	-57.3	105.6	-57.33	105.79
100	-62.6	108.1	-62.6	108.1	-62.65	108.07
101	-66.4	108.4	-66.4	108.4	-66.42	108.43
102	-68.4	122.1	-68.4	122.1	-68.38	122.13
103	-82.2	118.9	-82.2	118.9	-82.20	118.87
104	-87.2	113.1	-87.2	113.1	-87.22	113.12
105	-58.5	102.1	-58.5	102.1	-58.46	102.10
106	-58.0	102.6	-58.0	102.6	-58.02	102.60
107	-54.9	102.2	-54.9	102.2	-54.85	102.19
108	-55.0	107.7	-55.0	107.7	-55.02	107.67
109	-58.1	110.1	-58.1	110.1	-58.15	110.10
110	-56.5	106.7	-56.5	106.7	-56.50	106.70
111	-59.6	107.4	-59.6	107.4	-59.65	107.43
112	-61.4	109.6	-61.4	109.6	-61.45	109.85
113	-110.8	129.3	-110.8	129.3	-110.79	129.34
114	-65.1	109.1	-65.1	109.1	-65.08	109.10
115	-63.5	106.6	-63.5	106.6	-63.53	106.63
116	-61.6	103.1	-61.6	103.1	-61.61	103.12
117	-67.6	105.3	-67.6	105.3	-67.56	105.30
118	-61.4	100.9	-61.4	100.9	-61.39	100.93
119	-58.9	101.0	-58.9	101.0	-58.94	100.97
120	-59.2	101.8	-59.2	101.8	-59.23	101.81

658	657	656	655	654	653	652	651	650	649	648	647	646	645	644	643	642	641	640	639	638	637	636	635	634	633	632	631	630	629	628	627	626	625	624	623	622	621	619	618	617	616	615	614	613	612	611	610	609	608	607	606	605	604	603	602	601	600	599	598	597	596	595	594	593	592	591	590	589	588	587	586	585	584	583	582	581	580	579	578	577	576	575	574	573	572	571	570	569	568	567	566	565	564	563	562	561	560	559	558	557	556	555	554	553	552	551	550	549	548	547	546	545	544	543	542	541	540	539	538	537	536	535	534	533	532	531	530	529	528	527	526	525	524	523	522	521	520	519	518	517	516	515	514	513	512	511	510	509	508	507	506	505	504	503	502	501	500	499	498	497	496	495	494	493	492	491	490	489	488	487	486	485	484	483	482	481	480	479	478	477	476	475	474	473	472	471	470	469	468	467	466	465	464	463	462	461	460	459	458	457	456	455	454	453	452	451	450	449	448	447	446	445	444	443	442	441	440	439	438	437	436	435	434	433	432	431	430	429	428	427	426	425	424	423	422	421	420	419	418	417	416	415	414	413	412	411	410	409	408	407	406	405	404	403	402	401	400	399	398	397	396	395	394	393	392	391	390	389	388	387	386	385	384	383	382	381	380	379	378	377	376	375	374	373	372	371	370	369	368	367	366	365	364	363	362	361	360	359	358	357	356	355	354	353	352	351	350	349	348	347	346	345	344	343	342	341	340	339	338	337	336	335	334	333	332	331	330	329	328	327	326	325	324	323	322	321	320	319	318	317	316	315	314	313	312	311	310	309	308	307	306	305	304	303	302	301	300	299	298	297	296	295	294	293	292	291	290	289	288	287	286	285	284	283	282	281	280	279	278	277	276	275	274	273	272	271	270	269	268	267	266	265	264	263	262	261	260	259	258	257	256	255	254	253	252	251	250	249	248	247	246	245	244	243	242	241	240	239	238	237	236	235	234	233	232	231	230	229	228	227	226	225	224	223	222	221	220	219	218	217	216	215	214	213	212	211	210	209	208	207	206	205	204	203	202	201	200	199	198	197	196	195	194	193	192	191	190	189	188	187	186	185	184	183	182	181	180	179	178	177	176	175	174	173	172	171	170	169	168	167	166	165	164	163	162	161	160	159	158	157	156	155	154	153	152	151	150	149	148	147	146	145	144	143	142	141	140	139	138	137	136	135	134	133	132	131	130	129	128	127	126	125	124	123	122	121	120	119	118	117	116	115	114	113	112	111	110	109	108	107	106	105	104	103	102	101	100	99	98	97	96	95	94	93	92	91	90	89	88	87	86	85	84	83	82	81	80	79	78	77	76	75	74	73	72	71	70	69	68	67	66	65	64	63	62	61	60	59	58	57	56	55	54	53	52	51	50	49	48	47	46	45	44	43	42	41	40	39	38	37	36	35	34	33	32	31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

tab.3 Zdanlivý měrný odpor půdy v místech M1 a M2

podmínky: jasno, slunečno, teplota +28°C, zem suchá, hlinitá
datum měření: 24.8.2016

Most v km 3,007 TÚ 0206 Praha Vršovice - Praha Radotín
Chodovská ulice v Praze

bod M1				
SONEL MRU 200				
vzdál. elektrod [m]	R [ohm]	koefficient	r[ohm.m]	stupeň agresivity
1	3.75	1.6	37.7	III.
3	1.49	1.6	44.8	III.
5	0.80	1.6	40.1	III.

bod M2				
SONEL MRU 200				
vzdál. elektrod [m]	R [ohm]	koefficient	r[ohm.m]	stupeň agresivity
1	8.99	1.6	90.4	II.
3	3.34	1.6	100.7	I.
5	1.39	1.6	69.7	II.

tab.4 Výpočet pole bludných proudů v bodech M1 a M2

	četnost [%]	Ep [mV.m-1]	směr [st.]	ró [ohm.m]	I [A.m-2]	stupeň agresivity
M1	I.kv. ++	0.0	0.0	0.0	37.7	-
	II.kv. +-	0.2	3.0	174.9	37.7	III.
	III.kv. --	99.7	7.8	217.8	37.7	IV.
	IV.kv. - +	0.2	3.2	289.3	37.7	III.
M2	I.kv. ++	0.0	0.0	0.0	69.7	-
	II.kv. +-	100.0	12.9	123.8	69.7	IV.
	III.kv. --	0.0	0.0	0.0	69.7	-
	IV.kv. - +	0.0	0.0	0.0	69.7	-

tab.5 Průběh směšného potenciálu

ake: Most v km 3,007 TÚ 0206 Praha Vršovce - Praha Radolín

	kořej	VO	NK
1	-6622.64	914.44	-1259.40
2	-6659.33	9056.71	-1268.48
3	-6692.64	8988.97	-1374.57
4	-6737.31	8922.72	-1352.82
5	-6799.60	8701.29	-1352.82
6	-6848.81	8561.29	-1352.82
7	-6934.50	8423.84	-1352.82
8	-6972.48	8271.20	-1352.82
9	-7030.37	8068.02	-1352.82
10	-7088.30	7823.84	-1352.82
11	-7146.23	7579.66	-1352.82
12	-7204.16	7335.48	-1352.82
13	-7262.09	7091.30	-1352.82
14	-7319.96	6847.12	-1352.82
15	-7377.83	6602.94	-1352.82
16	-7435.70	6358.76	-1352.82
17	-7493.57	6114.58	-1352.82
18	-7551.44	5870.40	-1352.82
19	-7609.31	5626.22	-1352.82
20	-7667.18	5382.04	-1352.82
21	-7725.05	5137.86	-1352.82
22	-7782.92	4893.68	-1352.82
23	-7840.79	4649.50	-1352.82
24	-7898.66	4405.32	-1352.82
25	-7956.53	4161.14	-1352.82
26	-8014.40	3916.96	-1352.82
27	-8072.27	3672.78	-1352.82
28	-8130.14	3428.60	-1352.82
29	-8188.01	3184.42	-1352.82
30	-8245.88	2940.24	-1352.82
31	-8303.75	2696.06	-1352.82
32	-8361.62	2451.88	-1352.82
33	-8419.49	2207.70	-1352.82
34	-8477.36	1963.52	-1352.82
35	-8535.23	1719.34	-1352.82
36	-8593.10	1475.16	-1352.82
37	-8650.97	1230.98	-1352.82
38	-8708.84	986.80	-1352.82
39	-8766.71	742.62	-1352.82
40	-8824.58	498.44	-1352.82
41	-8882.45	254.26	-1352.82
42	-8940.32	10.08	-1352.82
43	-8998.19	-144.10	-1352.82
44	-9056.06	-298.28	-1352.82
45	-9113.93	-452.46	-1352.82
46	-9171.80	-606.64	-1352.82
47	-9229.67	-760.82	-1352.82
48	-9287.54	-915.00	-1352.82
49	-9345.41	-1069.18	-1352.82
50	-9403.28	-1223.36	-1352.82
51	-9461.15	-1377.54	-1352.82
52	-9519.02	-1531.72	-1352.82
53	-9576.89	-1685.90	-1352.82
54	-9634.76	-1840.08	-1352.82
55	-9692.63	-1994.26	-1352.82
56	-9750.50	-2148.44	-1352.82
57	-9808.37	-2302.62	-1352.82
58	-9866.24	-2456.80	-1352.82
59	-9924.11	-2610.98	-1352.82
60	-9981.98	-2765.16	-1352.82
61	-10039.85	-2919.34	-1352.82
62	-10097.72	-3073.52	-1352.82
63	-10155.59	-3227.70	-1352.82
64	-10213.46	-3381.88	-1352.82
65	-10271.33	-3536.06	-1352.82
66	-10329.20	-3690.24	-1352.82
67	-10387.07	-3844.42	-1352.82
68	-10444.94	-3998.60	-1352.82
69	-10502.81	-4152.78	-1352.82
70	-10560.68	-4306.96	-1352.82
71	-10618.55	-4461.14	-1352.82
72	-10676.42	-4615.32	-1352.82
73	-10734.29	-4769.50	-1352.82
74	-10792.16	-4923.68	-1352.82
75	-10850.03	-5077.86	-1352.82
76	-10907.90	-5232.04	-1352.82
77	-10965.77	-5386.22	-1352.82
78	-11023.64	-5540.40	-1352.82
79	-11081.51	-5694.58	-1352.82
80	-11139.38	-5848.76	-1352.82
81	-11197.25	-6002.94	-1352.82
82	-11255.12	-6157.12	-1352.82
83	-11312.99	-6311.30	-1352.82
84	-11370.86	-6465.48	-1352.82
85	-11428.73	-6619.66	-1352.82
86	-11486.60	-6773.84	-1352.82
87	-11544.47	-6928.02	-1352.82
88	-11602.34	-7082.20	-1352.82
89	-11660.21	-7236.38	-1352.82
90	-11718.08	-7390.56	-1352.82
91	-11775.95	-7544.74	-1352.82
92	-11833.82	-7698.92	-1352.82
93	-11891.69	-7853.10	-1352.82
94	-11949.56	-8007.28	-1352.82
95	-12007.43	-8161.46	-1352.82
96	-12065.30	-8315.64	-1352.82
97	-12123.17	-8469.82	-1352.82
98	-12181.04	-8624.00	-1352.82
99	-12238.91	-8778.18	-1352.82
100	-12296.78	-8932.36	-1352.82
101	-12354.65	-9086.54	-1352.82
102	-12412.52	-9240.72	-1352.82
103	-12470.39	-9394.90	-1352.82
104	-12528.26	-9549.08	-1352.82
105	-12586.13	-9703.26	-1352.82
106	-12644.00	-9857.44	-1352.82
107	-12701.87	-10011.62	-1352.82
108	-12759.74	-10165.80	-1352.82
109	-12817.61	-10319.98	-1352.82
110	-12875.48	-10474.16	-1352.82
111	-12933.35	-10628.34	-1352.82
112	-12991.22	-10782.52	-1352.82
113	-13049.09	-10936.70	-1352.82
114	-13106.96	-11090.88	-1352.82
115	-13164.83	-11245.06	-1352.82
116	-13222.70	-11399.24	-1352.82
117	-13280.57	-11553.42	-1352.82
118	-13338.44	-11707.60	-1352.82
119	-13396.31	-11861.78	-1352.82
120	-13454.18	-12015.96	-1352.82
121	-13512.05	-12170.14	-1352.82
122	-13569.92	-12324.32	-1352.82

Pokračování tab.5 Průběh směšného potenciálu

ake: Most v km 3,007 TÚ 0206 Praha Vršovce - Praha Radolín

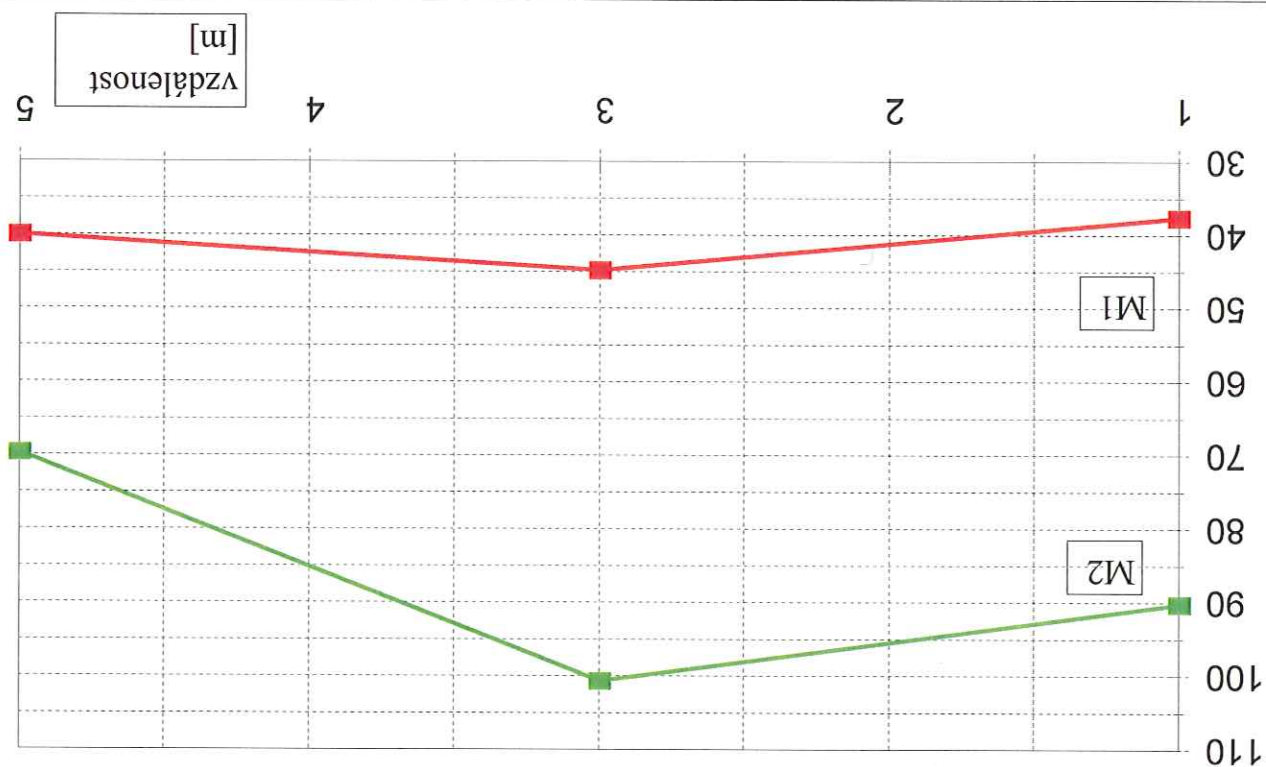
	kořej	VO	NK
1	-2769.66	6084.59	-1099.68
2	-2769.66	6084.59	-1099.68
3	-2769.66	6084.59	-1099.68
4	-2769.66	6084.59	-1099.68
5	-2769.66	6084.59	-1099.68
6	-2769.66	6084.59	-1099.68
7	-2769.66	6084.59	-1099.68
8	-2769.66	6084.59	-1099.68
9	-2769.66	6084.59	-1099.68
10	-2769.66	6084.59	-1099.68
11	-2769.66	6084.59	-1099.68
12	-2769.66	6084.59	-1099.68
13	-2769.66	6084.59	-1099.68
14	-2769.66	6084.59	-1099.68
15	-2769.66	6084.59	-1099.68
16	-2769.66	6084.59	-1099.68
17	-2769.66	6084.59	-1099.68
18	-2769.66	6084.59	-1099.68
19	-2769.66	6084.59	-1099.68
20	-2769.66	6084.59	-1099.68
21	-2769.66	6084.59	-1099.68
22	-2769.66	6084.59	-1099.68
23	-2769.66	6084.59	-1099.68
24	-2769.66	6084.59	-1099.68
25	-2769.66	6084.59	-1099.68
26	-2769.66	6084.59	-1099.68
27	-2769.66	6084.59	-1099.68
28	-2769.66	6084.59	-1099.68
29	-2769.66	6084.59	-1099.68
30	-2769.66	6084.59	-1099.68
31	-2769.66	6084.59	-1099.68
32	-2769.66	6084.59	-1099.68
33	-2769.66	6084.59	-1099.68
34	-2769.66	6084.59	-1099.68
35	-2769.66	6084.59	-1099.68
36	-2769.66	6084.59	-1099.68
37	-2769.66	6084.59	-1099.68
38	-2769.66	6084.59	-1099.68
39	-2769.66	6084.59	-1099.68
40	-2769.66	6084.59	-1099.68
41	-2769.66	6084.59	-1099.68
42	-2769.66	6084.59	-1099.68
43	-2769.66	6084.59	-1099.68
44	-2769.66	6084.59	-1099.68
45	-2769.66	6084.59	-1099.68
46	-2769.66	6084.59	-1099.68
47	-2769.66	6084.59	-1099.68
48	-2769.66	6084.59	-1099.68
49	-2769.66	6084.59	-1099.68
50	-2769.66	6084.59	-1099.68
51	-2769.66	6084.59	-1099.68
52	-2769.66	6084.59	-1099.68
53	-2769.66	6084.59	-1099.68
54	-2769.66	6084.59	-1099.68
55	-2769.66	6084.59	-1099.68
56	-2769.66	6084.59	-1099.68
57	-2769.66	6084.59	-1099.68
58	-2769.66	6084.59	-1099.68
59	-2769.66	6084.59	-1099.68
60	-2769.66	6084.59	-1099.68
61	-2769.66	6084.59	-1099.68
62	-2769.66	6084.59	-1099.68
63	-2769.66	6084.59	-1099.68
64	-2769.66	6084.59	-1099.68
65	-2769.66	6084.59	-1099.68
66	-2769.66	6084.59	-1099.68
67	-2769.66	6084.59	-1099.68
68	-2769.66	6084.59	-1099.68
69	-2769.66	6084.59	-1099.68
70	-2769.66	6084.59	-1099.68
71	-2769.66	6084.59	-1099.68
72	-2769.66	6084.59	-1099.68
73	-2769.66	6084.59	-1099.68
74	-2769.66	6084.59	-1099.68
75	-2769.66	6084.59	-1099.68
76	-2769.66	6084.59	-1099.68
77	-2769.66	6084.59	-1099.68
78	-2769.66	6084.59	-1099.68
79	-2769.66	6084.59	-1099.68
80	-2769.66	6084.59	-1099.68
81	-2769.66	6084.59	-1099.68
82	-2769.66	6084.59	-1099.68
83	-2769.66	6084.59	-1099.68
84	-2769.66	6084.59	-1099.68
85	-2769.66	6084.59	-1099.68
86	-2769.66	6084.59	-1099.68
87	-2769.66	6084.59	-1099.68
88	-2769.66	6084.59	-1099.68
89	-2769.66	6084.59	-1099.68
90	-2769.66	6084.59	-1099.68
91	-2769.66	6084.59	-1099.68
92	-2769.66	6084.59	-1099.68
93	-2769.66	6084.59	-1099.68
94	-2769.66	6084.59	-1099.68
95	-2769.66	6084.59	-1099.68
96	-2769.66	6084.59	-1099.68
97	-2769.66	6084.59	-1099.68
98	-2769.66	6084.59	-1099.68
99	-2769.66	6084.59	-1099.68
100	-2769.66	6084.59	-1099.68
101	-2769.66	6084.59	-1099.68
102	-2769.66	6084.59	-1099.68
103	-2769.66	6084.59	-1099.68
104	-2769.66	6084.59	-1099.68
105	-2769.66	6084.59	-1099.68
106	-2769.66	6084.59	-1099.68
107	-2769.66	6084.59	-1099.68
108	-2769.66	6084.59	-1099.68
109	-2769.66	6084.59	-1099.68
110	-2769.66	6084.59	-1099.68
111	-2769.66	6084.59	-1099.68
112	-2769.66	6084.59	-1099.68
113	-2769.66	6084.59	-1099.68
114	-2769.66	6084.59	-1099.68
115	-2769.66	6084.59	-1099.68
116	-2769.66	6084.59	-1099.68
117	-2769.66	6084.59	-1099.68
118	-2769.66	6084.59	-1099.68
119	-2769.66	6084.59	-1099.68
120	-2769.66	6084.59	-1099.68
121	-2769.66	6084.59	-1099.68
122	-2769.66	6084.59	-1099.68

tab. 6 Průběh potenciálového spádu
akce: Most v km 3,007 TÚ 0206 Praha Vršovice - Praha Radotín
(Chodovská ulice v Praze) 24.8.2016

[illegible]

538	VO	optima	6431.65	6605.05	-794.55	626.20	163.66	-8770.62	-1462.63	-2299.99	mV	538
539	VO	optima	7126.23	7126.23	-90.00	776.66	222.09	-738.81	-108.92	-1215.35	mV	539
540	VO	optima	7347.32	7347.32	0.00	776.66	222.09	-738.81	-108.92	-1215.35	mV	540
541	VO	optima	7478.00	7478.00	0.00	776.66	222.09	-738.81	-108.92	-1215.35	mV	541
542	VO	optima	7594.82	7594.82	0.00	776.66	222.09	-738.81	-108.92	-1215.35	mV	542
543	VO	optima	7724.18	7724.18	0.00	776.66	222.09	-738.81	-108.92	-1215.35	mV	543
544	VO	optima	7848.98	7848.98	0.00	776.66	222.09	-738.81	-108.92	-1215.35	mV	544
545	VO	optima	7978.52	7978.52	0.00	776.66	222.09	-738.81	-108.92	-1215.35	mV	545
546	VO	optima	8104.03	8104.03	0.00	776.66	222.09	-738.81	-108.92	-1215.35	mV	546
547	VO	optima	8230.64	8230.64	0.00	776.66	222.09	-738.81	-108.92	-1215.35	mV	547
548	VO	optima	8358.17	8358.17	0.00	776.66	222.09	-738.81	-108.92	-1215.35	mV	548
549	VO	optima	8486.86	8486.86	0.00	776.66	222.09	-738.81	-108.92	-1215.35	mV	549
550	VO	optima	8616.81	8616.81	0.00	776.66	222.09	-738.81	-108.92	-1215.35	mV	550
551	VO	optima	8748.25	8748.25	0.00	776.66	222.09	-738.81	-108.92	-1215.35	mV	551
552	VO	optima	8880.56	8880.56	0.00	776.66	222.09	-738.81	-108.92	-1215.35	mV	552
553	VO	optima	9013.86	9013.86	0.00	776.66	222.09	-738.81	-108.92	-1215.35	mV	553
554	VO	optima	9148.16	9148.16	0.00	776.66	222.09	-738.81	-108.92	-1215.35	mV	554
555	VO	optima	9283.56	9283.56	0.00	776.66	222.09	-738.81	-108.92	-1215.35	mV	555
556	VO	optima	9419.06	9419.06	0.00	776.66	222.09	-738.81	-108.92	-1215.35	mV	556
557	VO	optima	9554.66	9554.66	0.00	776.66	222.09	-738.81	-108.92	-1215.35	mV	557
558	VO	optima	9690.26	9690.26	0.00	776.66	222.09	-738.81	-108.92	-1215.35	mV	558
559	VO	optima	9825.86	9825.86	0.00	776.66	222.09	-738.81	-108.92	-1215.35	mV	559
560	VO	optima	9961.46	9961.46	0.00	776.66	222.09	-738.81	-108.92	-1215.35	mV	560
561	VO	optima	10097.06	10097.06	0.00	776.66	222.09	-738.81	-108.92	-1215.35	mV	561
562	VO	optima	10232.66	10232.66	0.00	776.66	222.09	-738.81	-108.92	-1215.35	mV	562
563	VO	optima	10368.26	10368.26	0.00	776.66	222.09	-738.81	-108.92	-1215.35	mV	563
564	VO	optima	10503.86	10503.86	0.00	776.66	222.09	-738.81	-108.92	-1215.35	mV	564
565	VO	optima	10639.46	10639.46	0.00	776.66	222.09	-738.81	-108.92	-1215.35	mV	565
566	VO	optima	10775.06	10775.06	0.00	776.66	222.09	-738.81	-108.92	-1215.35	mV	566
567	VO	optima	10910.66	10910.66	0.00	776.66	222.09	-738.81	-108.92	-1215.35	mV	567
568	VO	optima	11046.26	11046.26	0.00	776.66	222.09	-738.81	-108.92	-1215.35	mV	568
569	VO	optima	11181.86	11181.86	0.00	776.66	222.09	-738.81	-108.92	-1215.35	mV	569
570	VO	optima	11317.46	11317.46	0.00	776.66	222.09	-738.81	-108.92	-1215.35	mV	570
571	VO	optima	11453.06	11453.06	0.00	776.66	222.09	-738.81	-108.92	-1215.35	mV	571
572	VO	optima	11588.66	11588.66	0.00	776.66	222.09	-738.81	-108.92	-1215.35	mV	572
573	VO	optima	11724.26	11724.26	0.00	776.66	222.09	-738.81	-108.92	-1215.35	mV	573
574	VO	optima	11859.86	11859.86	0.00	776.66	222.09	-738.81	-108.92	-1215.35	mV	574
575	VO	optima	11995.46	11995.46	0.00	776.66	222.09	-738.81	-108.92	-1215.35	mV	575
576	VO	optima	12131.06	12131.06	0.00	776.66	222.09	-738.81	-108.92	-1215.35	mV	576
577	VO	optima	12266.66	12266.66	0.00	776.66	222.09	-738.81	-108.92	-1215.35	mV	577
578	VO	optima	12402.26	12402.26	0.00	776.66	222.09	-738.81	-108.92	-1215.35	mV	578
579	VO	optima	12537.86	12537.86	0.00	776.66	222.09	-738.81	-108.92	-1215.35	mV	579
580	VO	optima	12673.46	12673.46	0.00	776.66	222.09	-738.81	-108.92	-1215.35	mV	580
581	VO	optima	12809.06	12809.06	0.00	776.66	222.09	-738.81	-108.92	-1215.35	mV	581
582	VO	optima	12944.66	12944.66	0.00	776.66	222.09	-738.81	-108.92	-1215.35	mV	582
583	VO	optima	13080.26	13080.26	0.00	776.66	222.09	-738.81	-108.92	-1215.35	mV	583
584	VO	optima	13215.86	13215.86	0.00	776.66	222.09	-738.81	-108.92	-1215.35	mV	584
585	VO	optima	13351.46	13351.46	0.00	776.66	222.09	-738.81	-108.92	-1215.35	mV	585
586	VO	optima	13487.06	13487.06	0.00	776.66	222.09	-738.81	-108.92	-1215.35	mV	586
587	VO	optima	13622.66	13622.66	0.00	776.66	222.09	-738.81	-108.92	-1215.35	mV	587
588	VO	optima	13758.26	13758.26	0.00	776.66	222.09	-738.81	-108.92	-1215.35	mV	588
589	VO	optima	13893.86	13893.86	0.00	776.66	222.09	-738.81	-108.92	-1215.35	mV	589
590	VO	optima	14029.46	14029.46	0.00	776.66	222.09	-738.81	-108.92	-1215.35	mV	590
591	VO	optima	14165.06	14165.06	0.00	776.66	222.09	-738.81	-108.92	-1215.35	mV	591
592	VO	optima	14300.66	14300.66	0.00	776.66	222.09	-738.81	-108.92	-1215.35	mV	592
593	VO	optima	14436.26	14436.26	0.00	776.66	222.09	-738.81	-108.92	-1215.35	mV	593
594	VO	optima	14571.86	14571.86	0.00	776.66	222.09	-738.81	-108.92	-1215.35	mV	594
595	VO	optima	14707.46	14707.46	0.00	776.66	222.09	-738.81	-108.92	-1215.35	mV	595
596	VO	optima	14843.06	14843.06	0.00	776.66	222.09	-738.81	-108.92	-1215.35	mV	596
597	VO	optima	14978.66	14978.66	0.00	776.66	222.09	-738.81	-108.92	-1215.35	mV	597
598	VO	optima	15114.26	15114.26	0.00	776.66	222.09	-738.81	-108.92	-1215.35	mV	598
599	VO	optima	15249.86	15249.86	0.00	776.66	222.09	-738.81	-108.92	-1215.35	mV	599
600	VO	optima	15385.46	15385.46	0.00	776.66	222.09	-738.81	-108.92	-1215.35	mV	600

Grafický záznam hodnot měrného odporu
 Most v km 3,007 TÚ 0206 Praha Vršovice - Praha Radotín
 (Chodovská ulice v Praze), 24.8.2016
 body M1 a M2



Záznam údajů M1, 24.8.2016

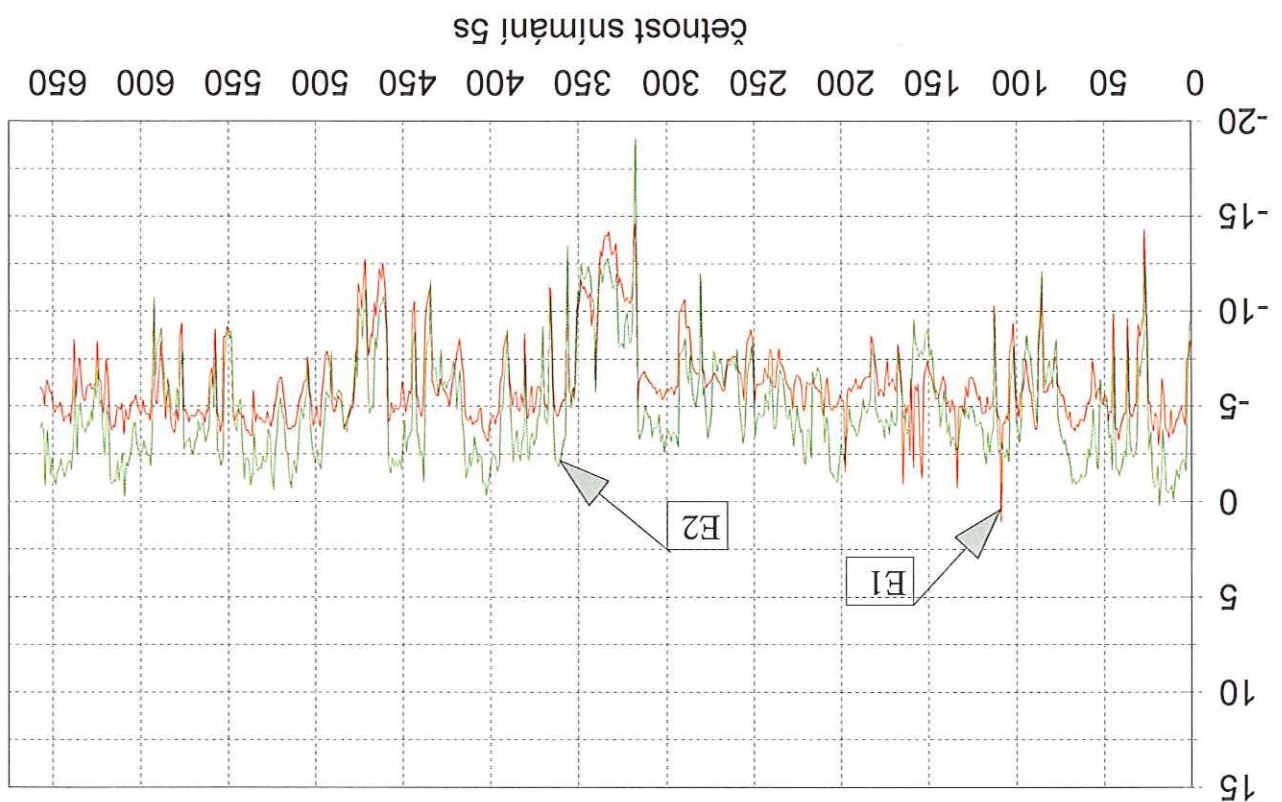
Intenzita elektrického pole v zemi

(přepočteno z naměřených hodnot na mV/m)

Most v km 3,007 TÚ 0206 Praha Vršovice - Praha Radotín

(Chodovská ulice v Praze)

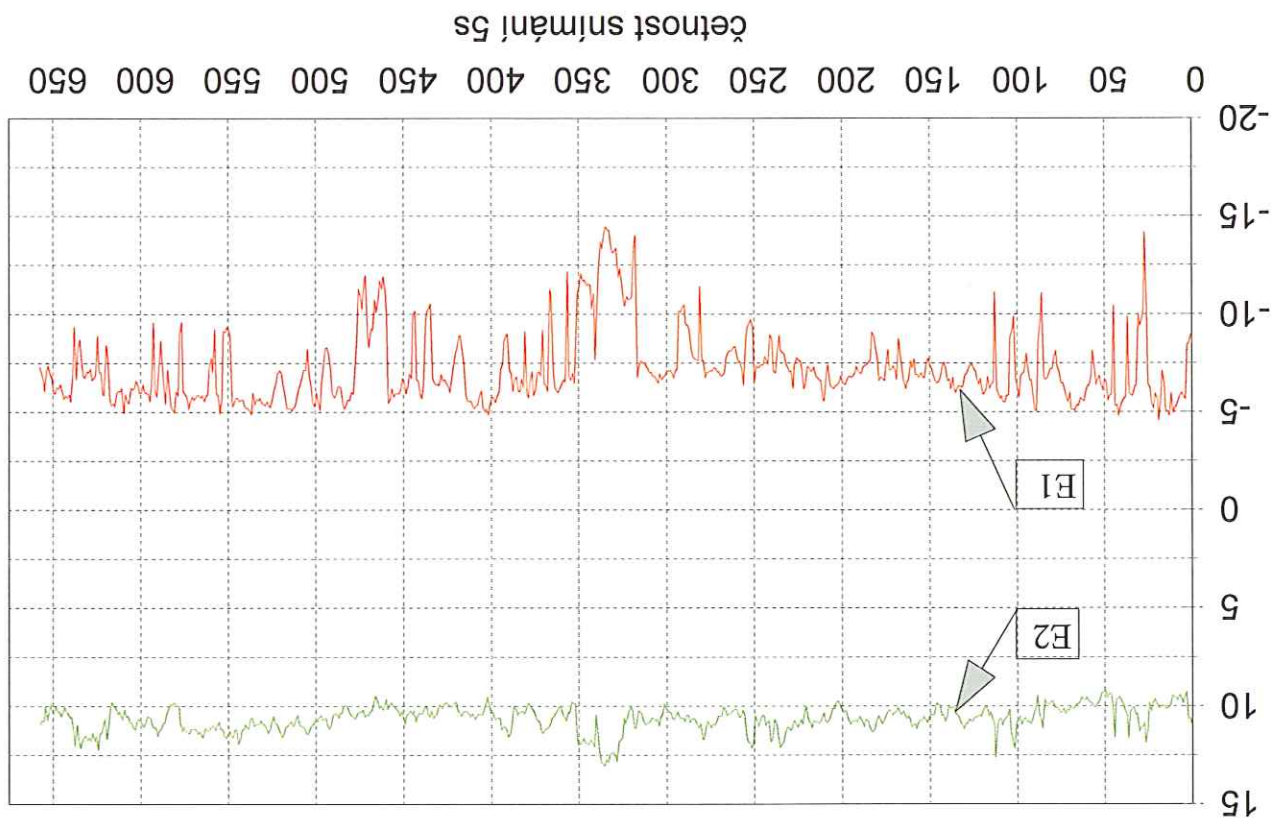
E
[mV/m]



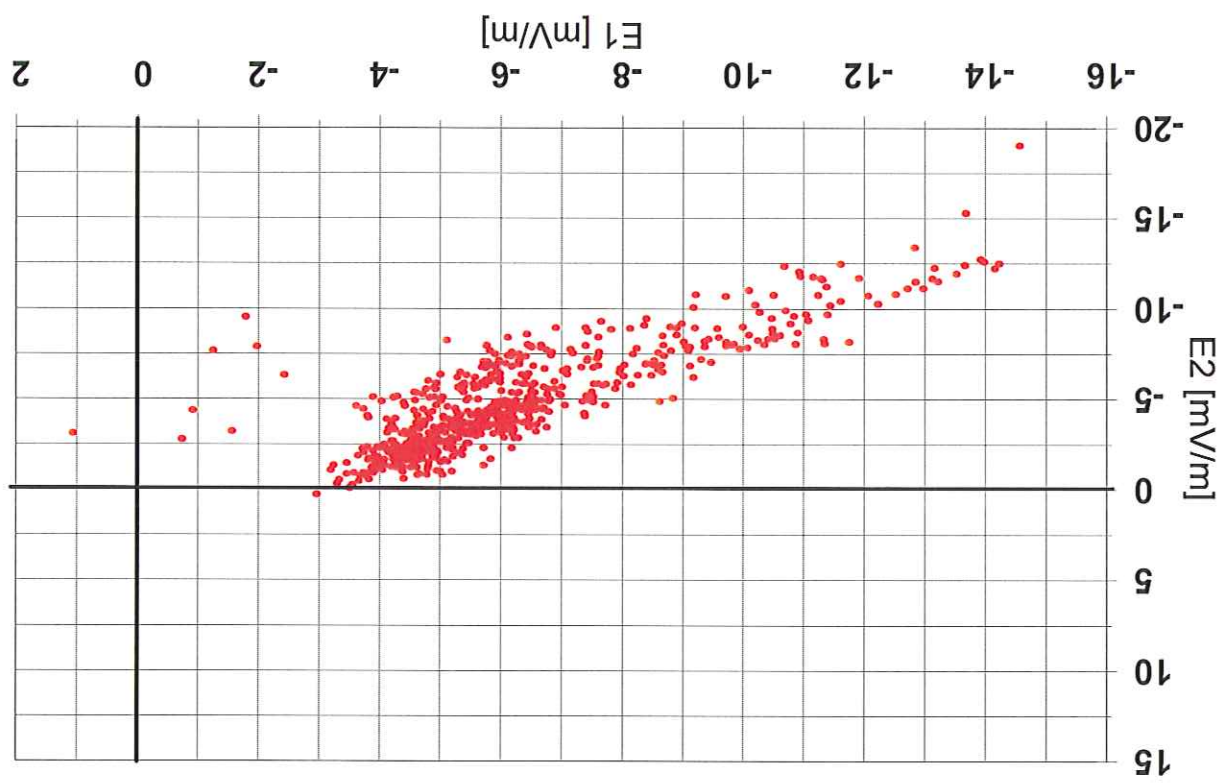
Záznam údajů M2, 24.8.2016

Intenzita elektrického pole v zemi
(přepočteno z naměřených hodnot na mV/m)
Most v km 3,007 TÚ 0206 Praha Vršovice - Praha Radotín
(Chodovská ulice v Praze)

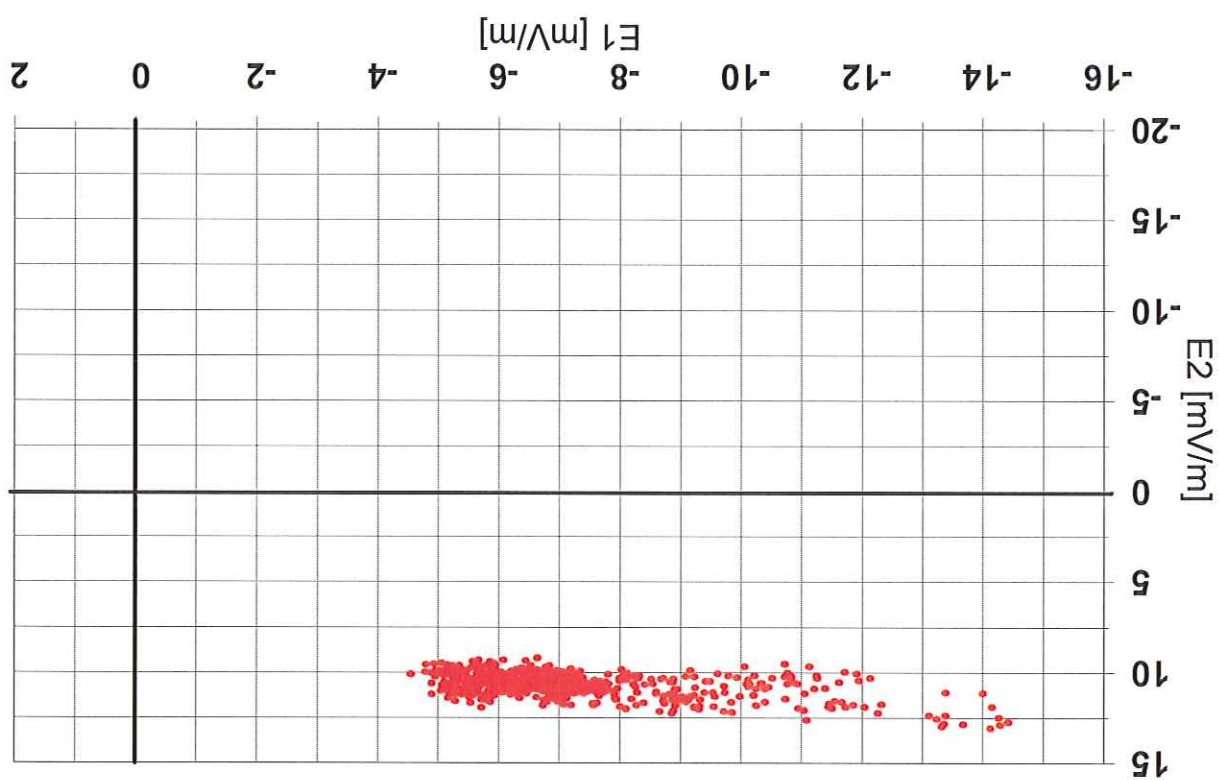
E
[mV/m]



Histogram měřených hodnot v bodě M1
Most v km 3,007 TÚ 0206 Praha Vršovice - Praha Radotín
(Chodovská ulice v Praze), 24.8.2016



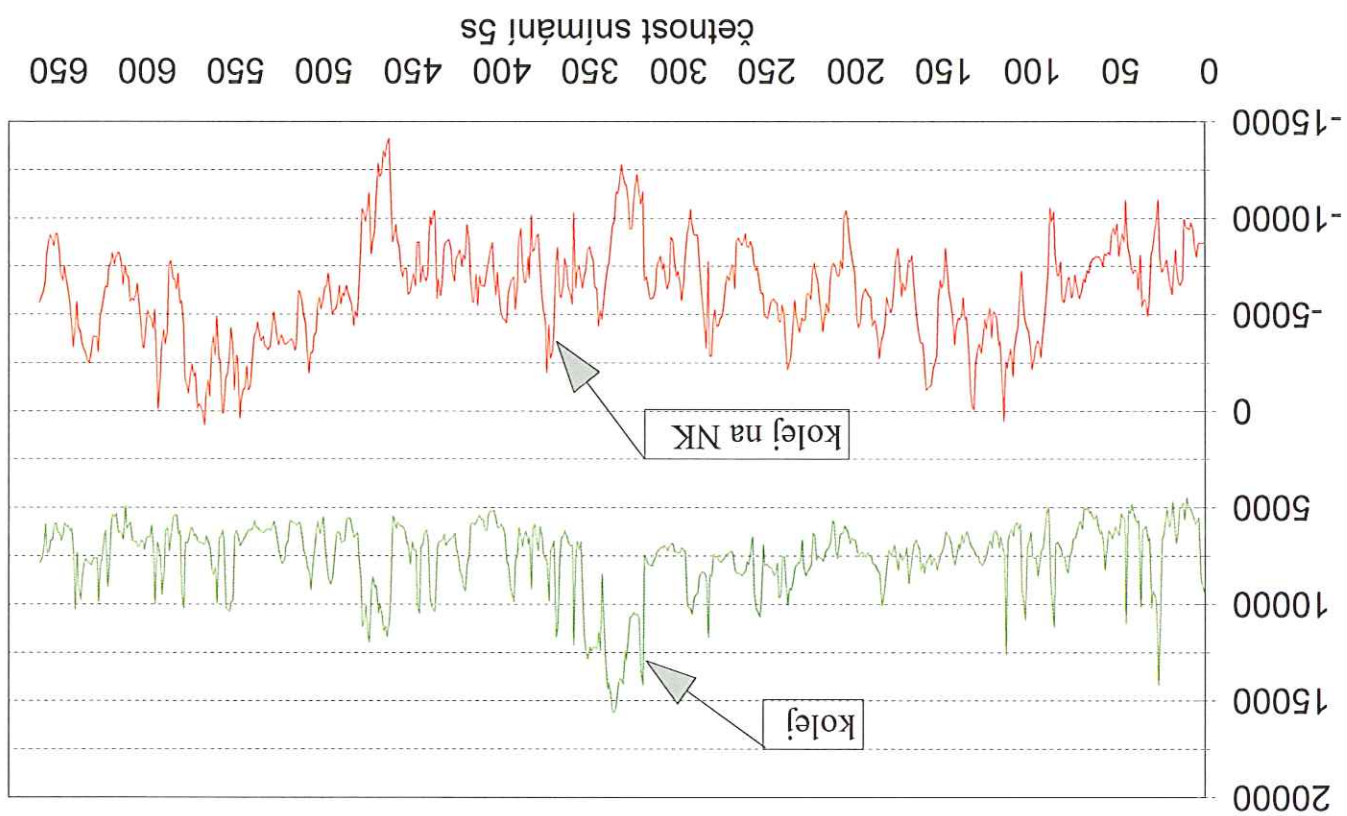
Histogram měřených hodnot v bodě M2
 Most v km 3,007 TÚ 0206 Praha Vršovice - Praha Radotín
 (Chodovská ulice v Praze), 24.8.2016



Průběh směsného potenciálu

Most v km 3,007 TÚ 0206 Praha Vršovice - Praha Radotín
(Chodovská ulice v Praze), 24.8.2016

U_z
[mV]

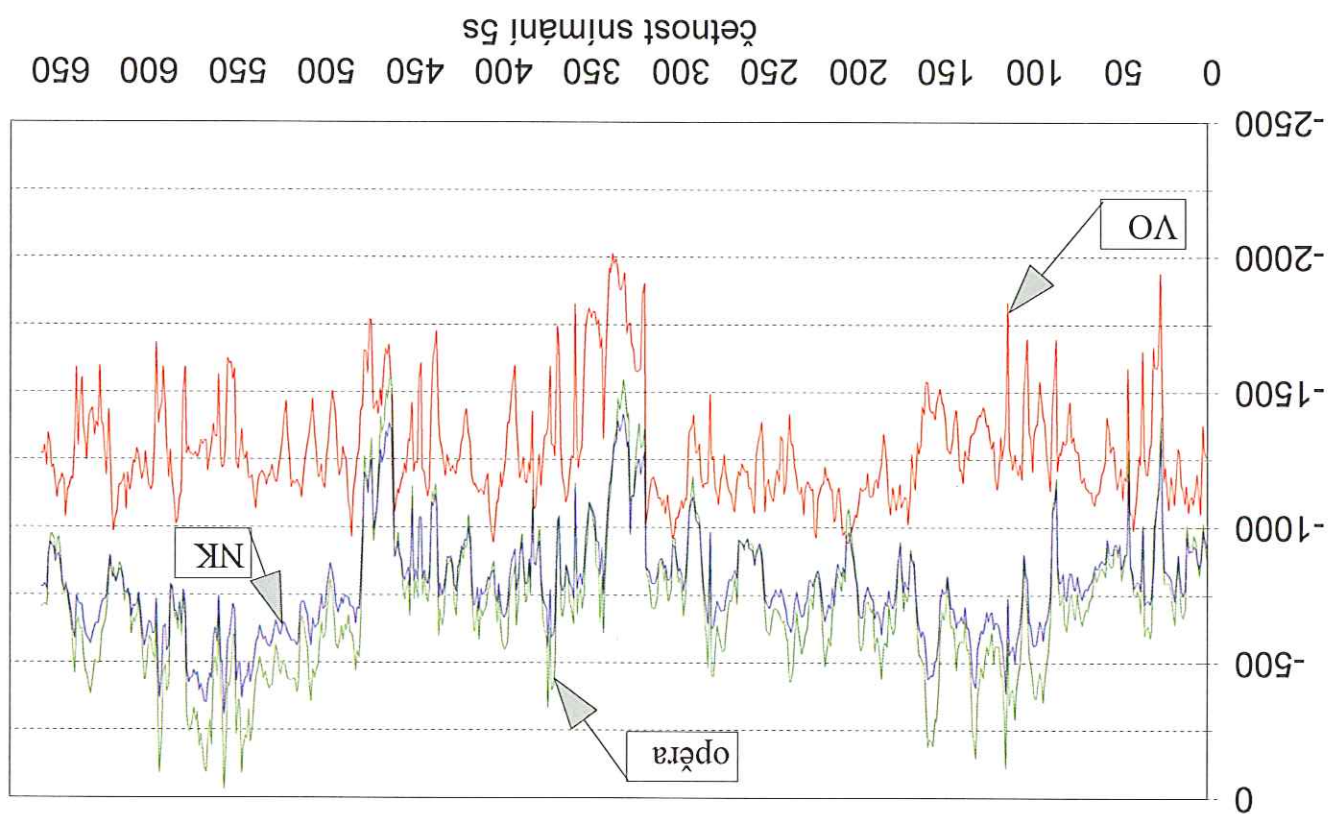


časť snímání 5s

Průběh směsného potenciálu

Most v km 3,007 TÚ 0206 Praha Viršovice - Praha Radotín
(Chodovská ulice v Praze), 24.8.2016

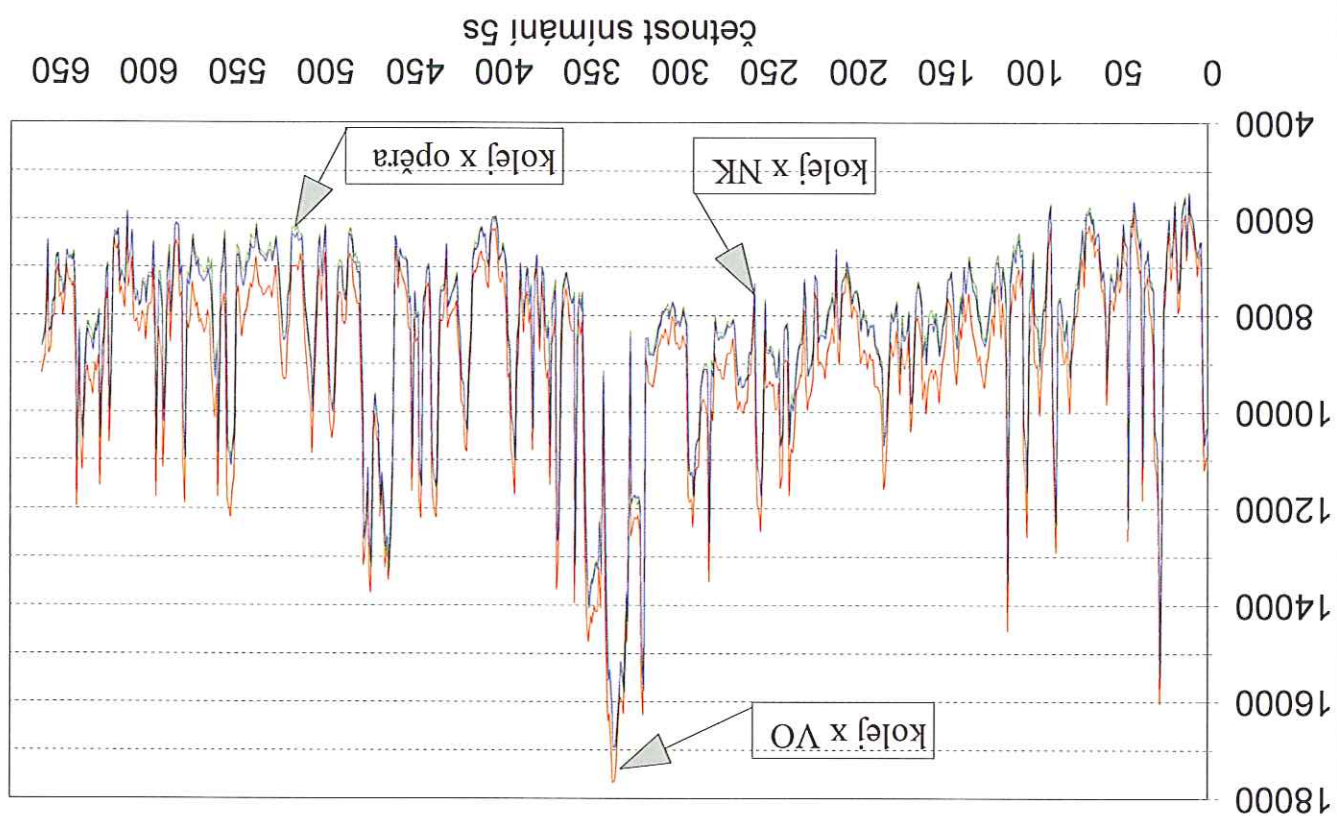
U_z
[mV]



Průběh potenciálového spádu

Most v km 3,007 TÚ 0206 Praha Vršovice - Praha Radotín
(Chodovská ulice v Praze), 24.8.2016

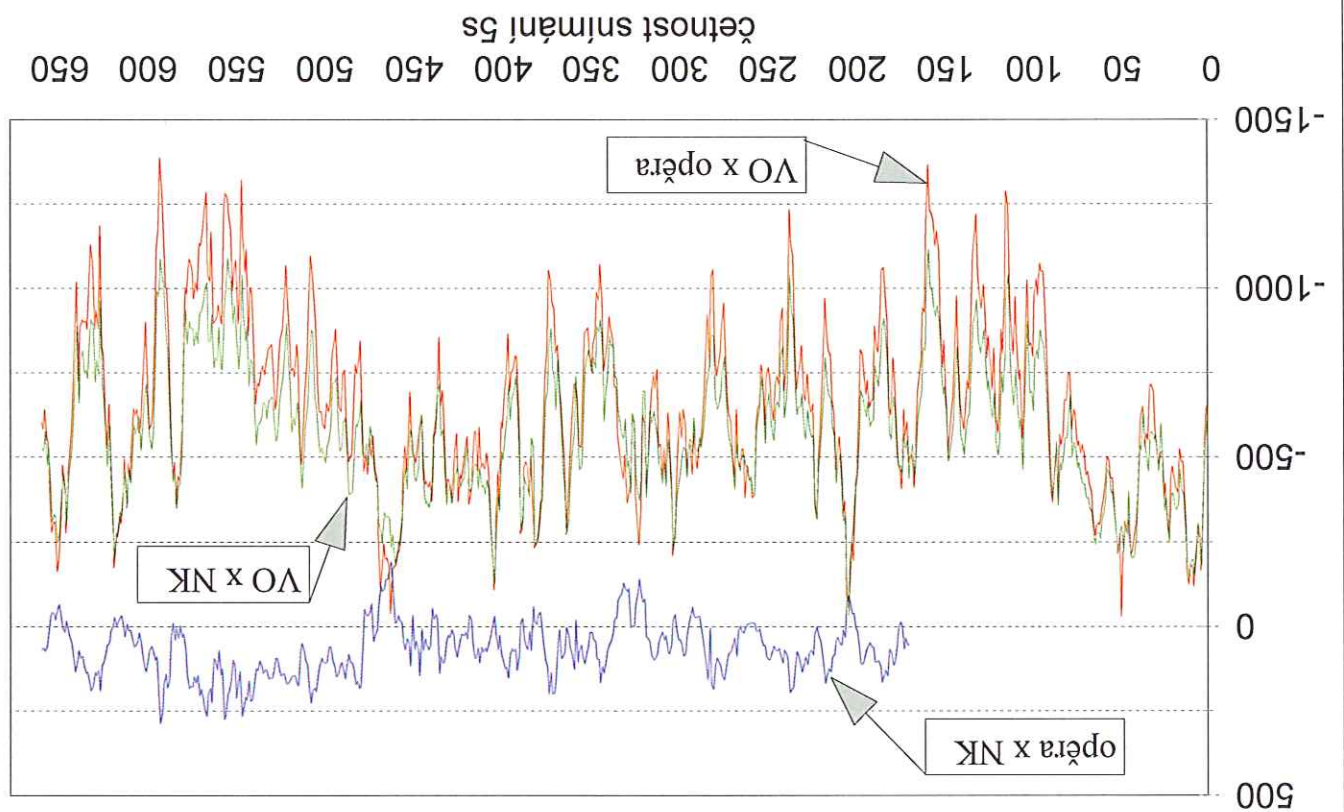
U
[mV]



Průběh potenciálového spádu

Most v km 3,007 TÚ 0206 Praha Vršovice - Praha Radotín
(Chodovská ulice v Praze), 24.8.2016

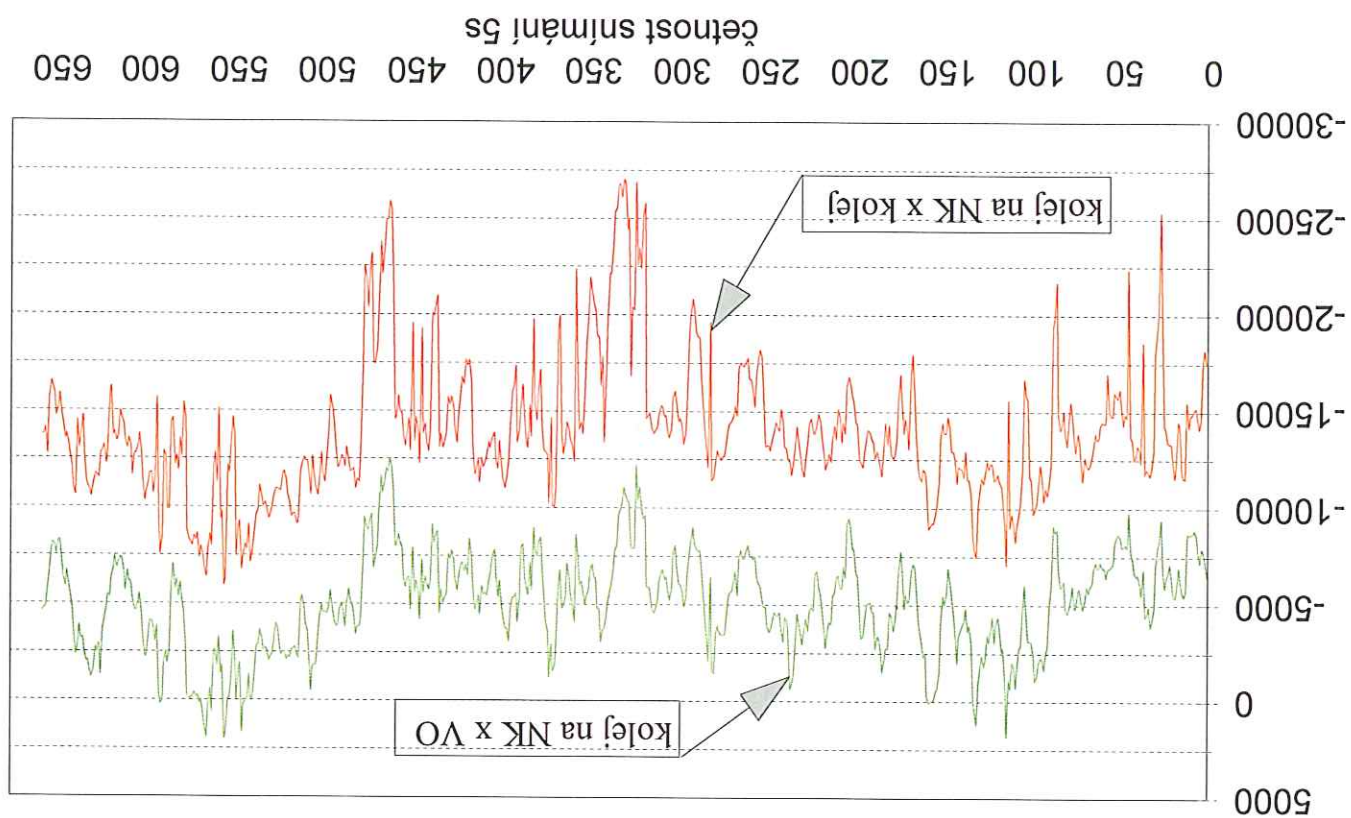
U
[mV]



Průběh potenciálového spádu

Most v km 3,007 TÚ 0206 Praha Vršovice - Praha Radotín
(Chodovská ulice v Praze), 24.8.2016

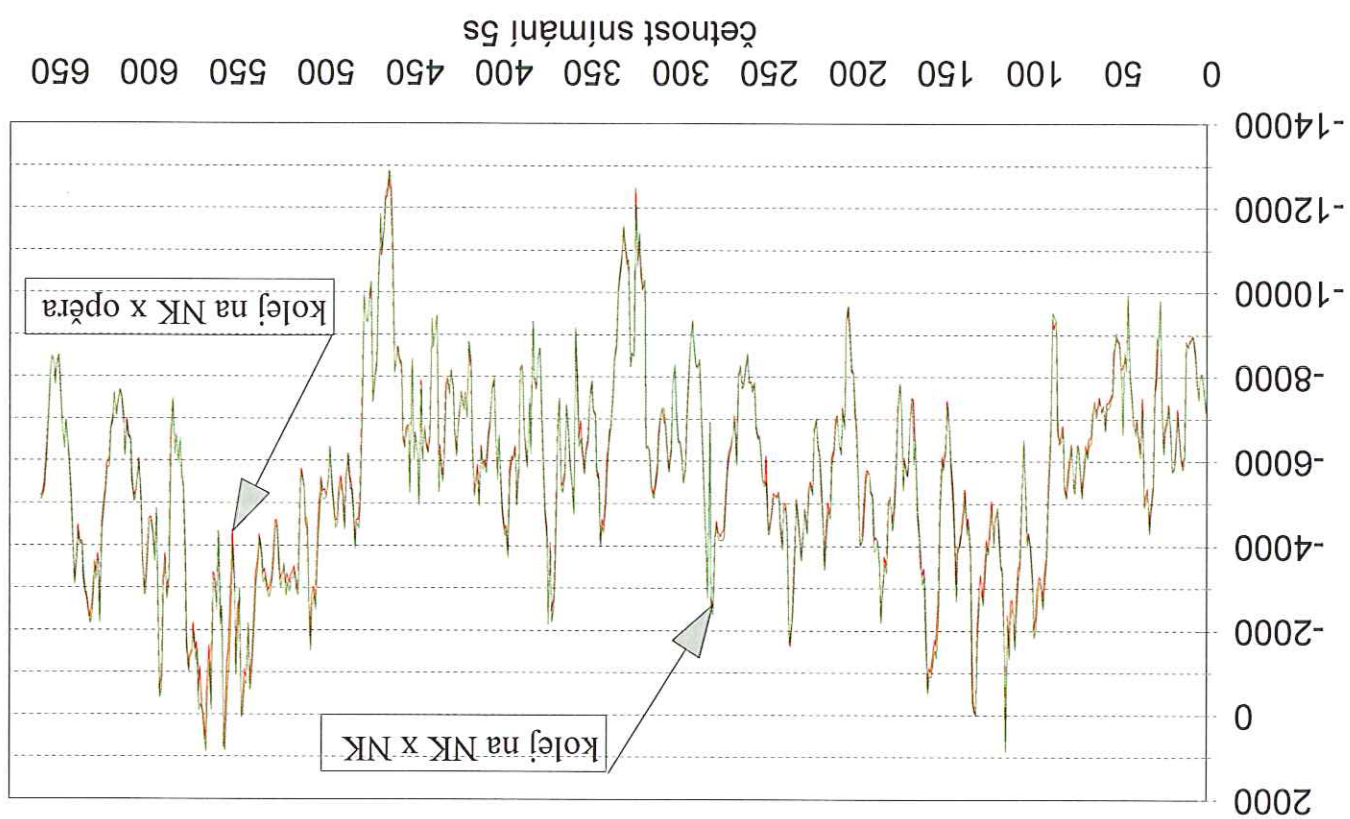
U
[mV]

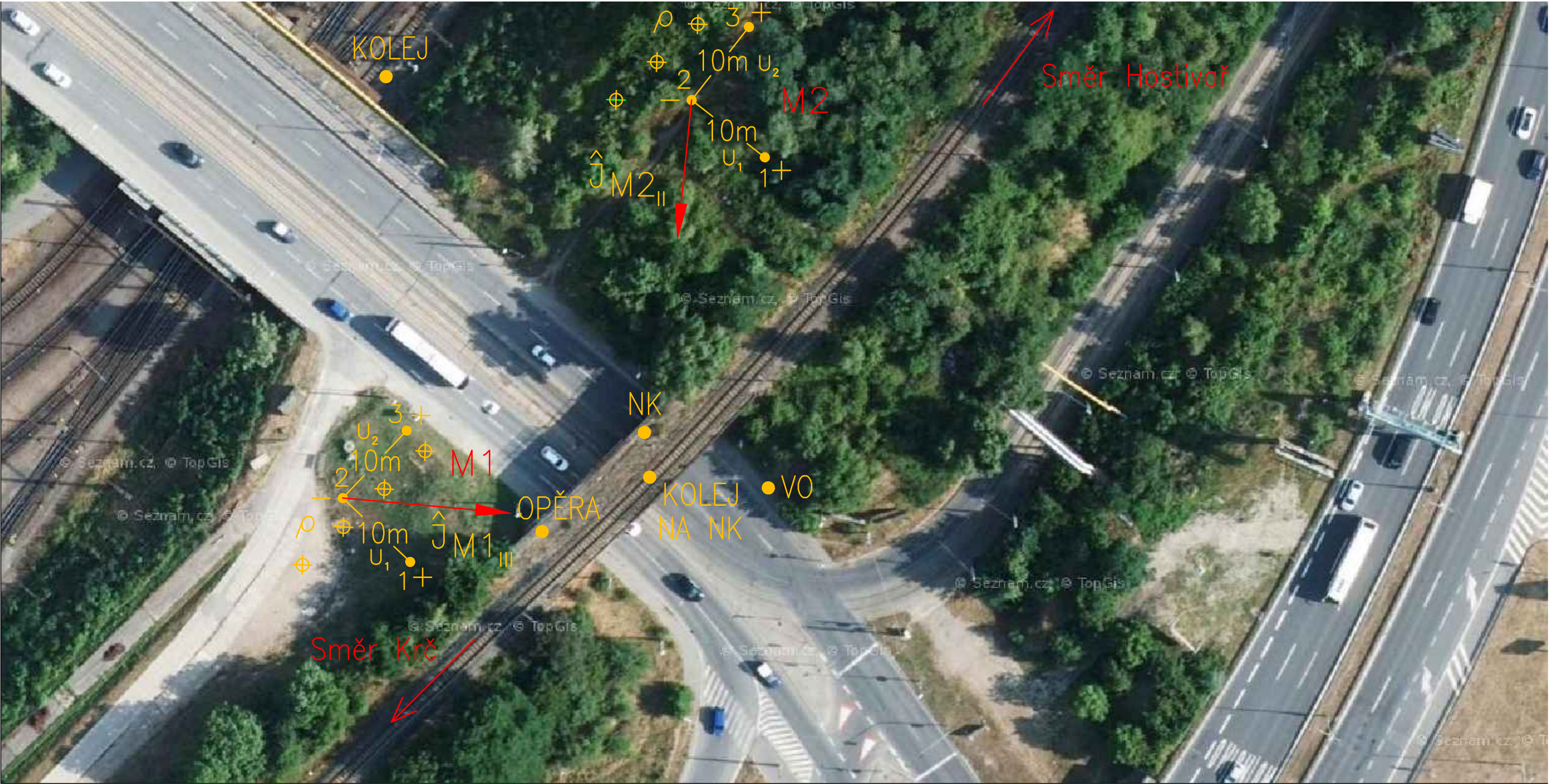


Průběh potenciálového spádu

Most v km 3,007 TÚ 0206 Praha Vršovice - Praha Radotín
(Chodovská ulice v Praze), 24.8.2016

U
[mV]





LEGENDA:

- M1** měření el.pole v bodě M1
velikost bludného proudu
v prvním kvadrantu daného
uspořádání elektrod v bodě M1
- umístění a polarita elektrod
Cu/CuSO₄
- vzdálenost elektrod pro měření
U₁ U₂
- měrný odpor půdy
s umístěním elektrod

Měřítko velikosti BP:

$2 \text{ cm} = 1.10^{-4} \text{ A.m}^{-2}$

\hat{J}_{M_x}

HODNOTY:

- M1**
 $\rho = 37,7 \text{ } \Omega.\text{m}$
 $E_{pl} = 7,8 \text{ mV.m}^{-1}$
 $I_{II} = 2,07.10^{-4} \text{ A.m}^{-2}, 99,7\%$
- M2**
 $\rho = 69,7 \text{ } \Omega.\text{m}$
 $E_{plV} = 12,9 \text{ mV.m}^{-1}$
 $I_{IV} = 1,84.10^{-4} \text{ A.m}^{-2}, 100\%$



Vypracoval:	Ing.L.Žák		Zak.číslo: 16-B-039
Kontrola:	Ing.B.Kučera		Datum: 08/2016
Objednatel:	Fakulta stavební ČVUT v Praze Thákurova 7, 166 29 Praha 6		Stupeň PD: -
Název akce:	TÚ 0206 PRAHA VRŠOVICE – PRAHA RADOTÍN KM 3,007– CHODOVSKÁ		Měřítko: -
Část:	Základní korozní průzkum		Formát: 2xA4
Výkres:	Situace–vyznačení orientace bludných proudů		č.v. 1

MOST PŘES CHODOVSKOU ULICI V PRAZE

TÚ 0206 km 3,007

STANOVENÍ ZATÍŽITELNOSTI NOSNÉ KONSTRUKCE



V Praze, listopad 2016

Ing. Roman Šafář, Ph.D.
Fakulta stavební ČVUT v Praze
Thákurova 7
166 29 Praha 6

Diagnostika mostů s předpjatou nosnou konstrukcí

Číslo ISPROFOND: 500 621 0252

Objednatel: Správa železniční dopravní cesty, státní organizace
Dlážděná 1003/7
110 00 Praha 1 - Nové Město

Zhotovitel: Fakulta stavební ČVUT v Praze
Thákurova 7
166 29 Praha 6

Děkanka: prof. Ing. Alena Kohoutková, CSc.

Vedoucí katedry: prof. Ing. Alena Kohoutková, CSc.

Odpovědný zpracovatel: Ing. Roman Šafář, Ph.D.

Připomínky: doc. Ing. Vladislav Hrdoušek, CSc.

V Praze, listopad 2016

OBSAH:

1.	ÚVOD	1
1.1.	PRŮVODNÍ ZPRÁVA	1
1.2.	PŘEDPOKLÁDANÝ POSTUP VÝSTAVBY	2
1.3.	MĚŘENÍ PŘEDPÍNACÍ SÍLY	3
1.4.	POUŽITÁ LITERATURA	4
1.5.	POUŽITÉ PROGRAMY	5
2.	KONSTRUKCE	7
2.1.	SCHÉMA A ZÁKLADNÍ PARAMETRY KONSTRUKCE	7
2.2.	PRŮŘEZY BEZ OSLABENÍ KABELOVÝMI KANÁLKY	9
2.3.	USPOŘÁDÁNÍ PŘEDPÍNACÍ VÝZTUŽE	41
2.4.	PRŮŘEZY OSLABENÉ KABELOVÝMI KANÁLKY	51
2.5.	PRŮŘEZY OSLABENÉ POŠKOZENÍM - ODŠTÍPNUTÍM BETONU	53
2.6.	PRŮŘEZY S PŘEDPÍNACÍ VÝZTUŽÍ - KRÁTKODOBÉ ZATÍŽENÍ	55
2.7.	PRŮŘEZY S PŘEDPÍNACÍ VÝZTUŽÍ - ÚČINKY VLASTNÍ TÍHY N.K. A PŘEDPĚTÍ	56
2.7.1.	ČAS VNESENÍ (g - g ₀)	56
2.7.2.	ČAS UVEDENÍ DO PROVOZU	58
2.7.3.	ČAS V DOBĚ PŘEPOČTU	59
2.7.4.	ČAS NA KONCI ŽIVOTNOSTI	60
2.8.	PRŮŘEZY S PŘEDPÍNACÍ VÝZTUŽÍ - ÚČINKY OSTATNÍHO STÁLÉHO ZATÍŽENÍ	61
2.8.1.	ČAS UVEDENÍ DO PROVOZU	61
2.8.2.	ČAS V DOBĚ PŘEPOČTU	63
2.8.3.	ČAS NA KONCI ŽIVOTNOSTI	64
3.	MATERIÁLY	65
3.1.	BETON	65
3.1.1.	ZÁKLADNÍ VLASTNOSTI	65
3.1.1.1.	Přehled	65
3.1.1.2.	Vlastnosti použité pro výpočet	66
3.1.2.	SMRŠŤOVÁNÍ BETONU	67
3.1.2.1.	Podle ČSN EN 1992	67
3.1.2.2.	Podle původní normy	69
3.1.2.3.	Porovnání průběhu smršťování podle současné a původní normy	69
3.1.3.	DOTVAROVÁNÍ BETONU	70
3.1.3.1.	Podle ČSN EN 1992	70
3.1.3.2.	Podle původní normy	71
3.1.3.3.	Porovnání součinitele dotvarování podle současné a původní normy	72
3.2.	PŘEDPÍNACÍ VÝZTUŽ	72
3.2.1.	PŘEHLED VLASTNOSTÍ	72
3.2.2.	VLASTNOSTI POUŽITÉ PRO VÝPOČET	74
3.2.3.	RELAXACE PŘEDPÍNACÍ VÝZTUŽE	75

3.3.	BETONÁŘSKÁ VÝZTUŽ	80
4.	ZATÍŽENÍ	81
4.1.	ZATÍŽENÍ STÁLÉ	81
4.1.1.	VLASTNÍ TÍHA NOSNÉ KONSTRUKCE	81
4.1.2.	OSTATNÍ STÁLÉ ZATÍŽENÍ	81
4.2.	ZATÍŽENÍ PROMĚNNÉ	85
4.2.1.	ZATÍŽENÍ DOPRAVOU	85
4.2.1.1.	Model zatížení LM71 (UIC-71)	85
4.2.1.2.	Dynamické účinky pohyblivého zatížení	85
4.2.1.3.	Odstředivé síly	88
4.2.1.4.	Brzdné a rozjezdové síly	90
4.2.1.5.	Spolupůsobení konstrukce s kolejí	91
4.2.1.6.	Boční rázy	92
4.2.1.7.	Traťová třída zatížení	93
4.2.1.8.	Jednotný zatěžovací vlak	94
4.2.1.9.	Jeřáb GEPK-130	95
4.2.2.	TEPLOTNÍ ZMĚNY	95
4.2.2.1.	Typ nosné konstrukce	95
4.2.2.2.	Rovnoměrná složka teploty	96
4.2.2.3.	Svislá proměnná složka teploty - lineární (postup 1)	97
4.2.2.4.	Svislá proměnná složka teploty - nelineární (postup 2)	97
4.2.2.5.	Proměnná složka teploty - ve vodorovném směru	99
4.2.3.	ZATÍŽENÍ VĚTREM	99
4.2.3.1.	Výchozí základní rychlost větru $v_{b,0}$	99
4.2.3.2.	Zatížení nosné konstrukce ve směru x - obecná metoda	99
4.2.3.3.	Síly ve směru x - zjednodušená metoda	104
4.2.3.4.	Síly ve směru x - přehled hodnot	105
4.2.3.5.	Síly ve směru y	105
4.2.3.6.	Síly ve směru z	106
4.3.	STAVENIŠTNÍ ZATÍŽENÍ	106
4.4.	KOMBINACE ZATÍŽENÍ	106
4.4.1.	ZÁSADY	106
4.4.2.	POPIS KOMBINACÍ	109
4.4.2.1.	Kombinace zatížení pro mezní stavy únosnosti	109
4.4.2.2.	Kombinace pro mezní stavy použitelnosti	110
4.4.3.	DÍLČÍ SOUČINITELE SPOLEHLIVOSTI ZATÍŽENÍ	110
4.4.4.	SOUČINITELE KOMBINACE PRO ŽELEZNIČNÍ MOSTY	111
5.	VÝPOČET VNITŘNÍCH SIL A NAPĚTÍ	113
5.1.	PŘÍČINKOVÉ ČÁRY	113
5.1.1.	PŘEHLED HODNOT PŘÍČINKOVÝCH ČAR	113
5.1.1.1.	Ohybové momenty	113
5.1.1.2.	Posouvající síly a kroutící momenty	115
5.1.2.	SCHÉMA PŘÍČINKOVÝCH ČAR	116

5.2.	VNITŘNÍ SÍLY - ZATÍŽENÍ STÁLÉ	117
5.3.	VNITŘNÍ SÍLY - ZATÍŽENÍ PROMĚNNÉ	118
5.4.	NORMÁLOVÁ NAPĚTÍ - ZATÍŽENÍ STÁLÉ	127
5.5.	NORMÁLOVÁ NAPĚTÍ - ZATÍŽENÍ PROMĚNNÉ	130
6.	PŘEDPĚTÍ	133
6.1.	MAXIMÁLNÍ SÍLA PŘI NAPÍNÁNÍ	133
6.2.	ZTRÁTY TŘENÍM	133
6.3.	ZTRÁTY POKLUZEM	134
6.4.	ZTRÁTY POSTUPNÝM NAPÍNÁNÍM	134
6.5.	ÚČINKY PŘEDPĚTÍ V OKAMŽIKU VNESENÍ PŘEDPĚTÍ	135
6.6.	ČASOVĚ ZÁVISLÉ ZTRÁTY PŘEDPĚTÍ	135
6.6.1.	SMRŠŤOVÁNÍ BETONU	136
6.6.2.	DOTVAROVÁNÍ BETONU	136
6.6.3.	RELAXACE PŘEDPÍNACÍ VÝZTUŽE	136
6.7.	PŘEHLED HODNOT PŘEDPÍNACÍ SÍLY V JEDNOTLIVÝCH ČASOVÝCH ETAPÁCH	137
6.8.	PŘEHLED VNITŘNÍCH SIL OD PŘEDPĚTÍ V ČASOVÝCH ETAPÁCH	139
6.9.	NORMÁLOVÁ NAPĚTÍ OD PŘEDPĚTÍ	143
6.10.	PŘEDPĚTÍ - PODLE PŮVODNÍ NORMY	147
6.10.1.	MAXIMÁLNÍ SÍLA PŘI NAPÍNÁNÍ	147
6.10.2.	ZTRÁTY TŘENÍM	147
6.10.3.	ZTRÁTY POKLUZEM	148
6.10.4.	VNITŘNÍ SÍLY PO ZTRÁTÁCH TŘENÍM A POKLUZEM	149
6.10.5.	ZTRÁTY POSTUPNÝM NAPÍNÁNÍM	149
6.10.6.	ÚČINKY PŘEDPĚTÍ V OKAMŽIKU VNESENÍ PŘEDPĚTÍ	150
6.10.7.	ČASOVĚ ZÁVISLÉ ZTRÁTY PŘEDPĚTÍ	150
6.10.7.1.	Smršťování betonu	150
6.10.7.2.	Dotvarování betonu	150
6.10.7.3.	Relaxace předpínací výztuže	150
6.10.8.	PŘEHLED ÚČINKŮ PŘEDPĚTÍ V ČASOVÝCH ETAPÁCH	151
6.11.	PŘEDPĚTÍ - POROVNÁNÍ VÝSLEDKŮ	153
7.	POSOUZENÍ KONSTRUKCE	157
7.1.	VÝPOČET PODLE ČSN EN	157
7.1.1.	HORNÍ VLÁKNA	157
7.1.2.	DOLNÍ VLÁKNA	158
7.2.	VÝPOČET PODLE PŮVODNÍ NORMY	161
7.2.1.	HORNÍ VLÁKNA	161
7.2.2.	DOLNÍ VLÁKNA	162
8.	ZATÍŽITELNOST NA ZÁKLADĚ MSP	165
8.1.	OMEZENÍ NAPĚTÍ - CHARAKTERISTICKÁ KOMBINACE	165
8.2.	OMEZENÍ TRHLIN - OHYB	167
8.3.	OMEZENÍ TRHLIN - SMYK	169
8.3.1.	KOMBINACE VNITŘNÍCH SIL - MAXIMÁLNÍ SMYK A KROUCENÍ U LEVÉ PODPORY	169

8.3.2.	KOMBINACE VNITŘNÍCH SIL - MAXIMÁLNÍ SMYK A KROUCENÍ U PRAVÉ PODPORY	170
8.3.3.	PŘEHLED KOMBINACÍ - EXTRÉMY SMYKU A KROUCENÍ U LEVÉ I PRAVÉ PODPORY	171
8.3.4.	POSOUZENÍ	172
8.4.	OMEZENÍ SVISLÝCH PRŮHYBŮ	175
8.5.	POOTOČENÍ PODPOROVÝCH PRŮŘEZŮ	176
8.6.	ZKROUCENÍ HLAVNÍ NOSNÉ KONSTRUKCE	177
8.7.	VODOROVNÉ DEFORMACE NOSNÉ KONSTRUKCE	181
8.7.1.	ODSTŘEDIVÁ SÍLA	182
8.7.2.	ZATÍŽENÍ VĚTREM	183
8.7.3.	VODOROVNÉ ÚČINKY ZMĚNY TEPLoty	185
8.7.4.	SOUČET ÚČINKŮ A STANOVENÍ ZATÍŽITELNOSTI	186
9.	ZATÍŽITELNOST NA ZÁKLADĚ MSÚ	187
9.1.	OHYB	187
9.1.1.	STANOVENÍ MOMENTU ÚNOSNOSTI MRd	187
9.1.2.	PŘEHLED ZATÍŽITELNOSTÍ	193
9.2.	SMYK	195
9.2.1.	STANOVENÍ SMYKOVÉ ÚNOSNOSTI	195
9.2.1.1.	Uspořádání smykové výztuže	195
9.2.1.2.	Posouzení prvku s ohybovými trhlinami na MÚ - prvky nevyžadující návrh smykové výztuže výpočtem	198
9.2.1.3.	Posouzení prvku s ohybovými trhlinami na MÚ - prvky vyžadující návrh smykové výztuže výpočtem	199
9.2.2.	STANOVENÍ ZATÍŽITELNOSTI NA ZÁKLADĚ SMYKOVÉ ÚNOSNOSTI - PŘEHLED VÝSLEDKŮ	203
9.3.	SMYK + KROUCENÍ	205
9.3.1.	STANOVENÍ ÚNOSNOSTI V KROUCENÍ - OBECNĚ	205
9.3.2.	KOMBINACE KROUTÍCÍCH MOMENTŮ PRO KOMBINACI S POSOUVAJÍCÍMI SILAMI	206
9.3.3.	PŘEPOČET KROUTÍCÍCH MOMENTŮ NA NÁHRADNÍ SMYKOVÉ SÍLY	207
9.3.4.	OVĚŘENÍ PLOCHY PODÉLNÉ VÝZTUŽE	209
9.3.5.	STANOVENÍ ZATÍŽITELNOSTI NA ZÁKLADĚ SMYKOVÉ ÚNOSNOSTI STĚN NA KOMBINOVANÉ ÚČINKY SMYKU A KROUCENÍ	211
9.3.6.	OVĚŘENÍ SMYKOVÉ ÚNOSNOSTI DESEK NA KOMBINOVANÉ ÚČINKY SMYKU A KROUCENÍ	212
9.3.6.1.	Smyková únosnost desek ve vodorovném směru	212
9.3.6.2.	Ověření průřezů	212
9.4.	ÚNAVA	213
9.4.1.	TLAČENÝ BETON - NAMÁHÁNÍ OHYBEM A NORMÁL.SILOU	213
9.4.1.1.	Namáhání M+N - postup EN 1992-2, Příloha NN	213
9.4.1.1.1.	Úvod	213
9.4.1.1.2.	Kombinace normálových napětí - horní vlákna	217
9.4.1.1.3.	Posouzení únavy betonu - horní vlákna	218
9.4.1.1.4.	Kombinace normálových napětí - dolní vlákna	222

9.4.1.1.5.	<i>Posouzení únavy betonu - dolní vlákna</i>	222
9.4.1.2.	Tlačený beton - namáhání M+N - podle EN 1992-1-1, čl. 6.8.7(1)	225
9.4.1.2.1.	<i>Horní vlákna</i>	225
9.4.1.2.2.	<i>Dolní vlákna</i>	227
9.4.2.	TLAČENÝ BETON - NAMÁHÁNÍ SMYKEM	229
9.4.2.1.	Namáhání smykem - postup EN 1992-2, Příloha NN	229
9.4.2.1.1.	<i>Kombinace posouvajících sil pro kombinaci s kroutícími momenty při ověření únavové odolnosti betonu namáhaného smykem</i>	229
9.4.2.1.2.	<i>Kombinace kroutících momentů pro kombinaci s posouvajícími silami při ověření únavové odolnosti betonu namáhaného smykem</i>	230
9.4.2.1.3.	<i>Přepočet kroutících momentů na náhradní smykové síly</i>	230
9.4.2.1.4.	<i>Součet účinků posouvajících sil a kroutících momentů</i>	232
9.4.2.1.5.	<i>Posouzení únavy betonu - smyk</i>	233
9.4.3.	PŘEDPÍNACÍ VÝZTUŽ	237
9.4.3.1.	Úvod	237
9.4.4.	BETONÁŘSKÁ VÝZTUŽ	237
9.4.4.1.	Úvod	237
	Přehled zatížitelností	239

1. ÚVOD

1.1. PRŮVODNÍ ZPRÁVA

Předmětem tohoto výpočtu je stanovení zatížitelnosti nosné konstrukce železničního mostu, který převádí železniční trať Praha-Vršovice - Praha-Radotín přes Chodovskou ulici v Praze.

Most byl realizován v šířce pro převedení dvou železničních kolejí, zřejmě už od uvedení do provozu je po něm ale převáděna pouze jedna kolej.

Nosnou konstrukci mostu tvoří celkem čtyři prefabrikované atypické, dodatečně předpjaté komorové nosníky. Každý komorový nosník se skládá ze dvou prefabrikovaných "polonosníků" o průřezu tvaru I, které byly dodatečně zmonolitněny podélnou spárou širokou 0,20 m v horní i v dolní desce.

Každý polonosník byl nejdříve samostatně předepnut pomocí 8 kabelů z 20 patentovaných drátů ϕ 4,5 mm, po zmonolitnění byl výsledný komorový nosník předepnut ještě dalšími 42 kabely stejného typu.

Rozpětí nosníků je 30,000 m, celková délka nosné konstrukce je 32,300 m. Horní povrch nosné konstrukce má podélný střešovitý sklon 2% a výška průřezu je proto proměnná od 1,418 m do 1,750 m. Šířka nosníků je konstantní 2,120 m. Dolní deska je zesílená o 100 mm v oblasti uložení, jinak je tloušťka stěn a horní i dolní desky konstantní. Podrobné rozměry jsou uvedeny na příložených výkresech.

Nosníky nejsou v příčném směru vzájemně propojeny. Veškeré mezery mezi komorovými nosníky jsou ale překryty izolací a konstrukce je odvodněna podélným sklonem.

Na nosné konstrukci jsou monolitické železobetonové římsy, kabelové žlaby a ocelové zábradlí. Jediná kolej na mostě je umístěna na spořilovské straně a je uložena v kolejovém loži, pražce jsou betonové. Kolej je v přechodnici a ve směrovém oblouku o poloměru 388 m.

Vzhledem k úhlu křížení s Chodovskou ulicí, který činí cca 84°, je nosná konstrukce uložena šikmo. Každý nosník má ale uložení kolmé a šikmosti je dosaženo mírným vzájemným podélným posunem jednotlivých nosníků vůči sobě.

Nosná konstrukce je uložena na ocelová ložiska, přičemž pevná ložiska jsou na opěře O01 (Vršovice) a posuvná (válcová) ložiska jsou na opěře O02 (Radotín).

Opěry jsou monolitické, tížné, z prostého betonu. Úložné prahy a křídla jsou ze železobetonu. Založení opěr je plošné na břidlicích v hloubce cca 4 m pod terénem.

Prefabrikované polonosníky i podélné monolitické spáry jsou z betonu zn. 500 (C35/45). Nosníky byly dodatečně předepnuty pomocí kabelů z patentovaných drátů o průměru 4,5 mm.

Vlastnosti materiálů a stav nosné konstrukce byly ověřeny vizuální prohlídkou v listopadu 2015 a diagnostickým průzkumem v srpnu 2016. V rámci průzkumu byla rovněž měřena síla v předpínací výztuži.

Na nosné konstrukci se vyskytuje řada podélných (na dolní desce) a šikmých (ve stěnách) trhlin, které jsou zřejmě způsobeny objemovými změnami betonu tam, kde kabelové kanálky brání volnému smrštění betonové krycí vrstvy. Lze předpokládat, že na tuhosti konstrukce a na rozdělení namáhání v ní se tyto trhliny výrazně neprojeví.

Na projektové dokumentaci je uveden rok 1959, kdy byly železniční mosty navrhovány na účinky zatěžovacího vlaku A podle [15]; konstrukce pak byla realizována v roce 1962. Konstrukce zřejmě nebyla ověřena z hlediska účinků kolejového jeřábu GEPK-130.

V současné době je na mostě uvažována traťová třída s přidruženou rychlostí je D4/75. Trať převáděná po mostě je zařazena do 1. třídy; pokud by se zde dnes navrhoval nový most, byl by navržen na zatížení 1,21.LM71 + SW/2.

Tento přepoččet je zpracován podle Metodického pokynu SŽDC [1] a podle evropských norem pro navrhování stavebních konstrukcí. Na úvod je ale provedeno i orientační posouzení konstrukce jak podle současných norem, tak i podle norem platných v době návrhu konstrukce. Podle obou těchto skupin norem byly stanoveny účinky rozhodujících zatížení i byl proveden podrobný výpočet ztrát a účinků předpětí.

V přepočtu posuzujeme vnitřní nosník, který je vystaven největšímu zatížení kolejovým ložem i většímu zatížení dopravou, které vyplývá z polohy koleje vůči jednotlivým nosníkům.

Výpočet je proveden pro podélný směr předpjeté nosné konstrukce; v příčném směru konstrukce působí jako železobetonová. Působení v podélném a v příčném směru se vzájemně ovlivňuje například při kombinaci podélného smyku a příčného ohybu, což je možno řešit například pomocí tzv. sendvičových modelů. Pro jednoznačné zhodnocení jednotlivých vlivů ovlivňujících působení předpjeté konstrukce je zde výpočet proveden čistě pro podélný směr.

Výpočet je proveden několikrát s různými hodnotami vstupních parametrů. V tomto výpočtu jsou uvažovány hodnoty materiálových vlastností podle norem ČSN EN; parametry použité pro výpočet dlouhodobých ztrát předpětí byly nastaveny tak, aby hodnota předpínací síly odpovídala provedenému měření. V tomto případě se uvažuje provedení konstrukce podle projektové dokumentace, nejsou uvažovány žádné úpravy ani žádná poškození konstrukce.

Výsledky parametrických výpočtů jsou uvedeny v "závěrech" této akce.

Při výpočtu jsou použita mírná zjednodušení, použitý způsob výpočtu však umožňuje jednoznačně podrobně definovat veškeré používané údaje, provádět podrobné parametrické výpočty a detailním způsobem je dokladovat a porovnávat. Umožňuje rovněž zadávat nejrůznější poškození konstrukce tak, aby mohl být zhodnocen jejich vliv na zatížitelnost.

1.2. PŘEDPOKLÁDANÝ POSTUP VÝSTAVBY

Protože postup výstavby není znám, předpokládáme ve výpočtu následující:

Etapa	Rok	D _T [dny]	T [dny]
Betonáž nosníku	1962		0,0
		5,0	
Ukončení ošetřování	1962		5,0
		9,0	
Vnesení předpětí	1962		14,0
		84,0	
Vnesení ostatního stálého zatížení	1962		98,0
		84,0	
Uvedení do provozu	1962		182,0
		19710	
Stáří konstrukce v době přepočtu	2016		19892,0
		16790	
Konec životnosti	2062		36500

1.3. MĚŘENÍ PŘEDPÍNACÍ SÍLY

V rámci tohoto úkolu byla také provedena diagnostika a měření předpínací síly na stejných pěti mostech, pro které se provádějí přepočty předpjaté nosné konstrukce. Měření bylo provedeno pro následujících pět mostních objektů:

- objekt č. 5: most v km 32,544 TÚ 2561 Polanka nad Odrou - Ostrava-Kunčice (v Ostravě přes Ostravici),
- objekt č. 13: most v km 5,429 TÚ 1908 Prosenice - Dluhonice (Přerov-Lýsky),
- objekt č. 18: most v km 31,877 TÚ 1851 Horní Cerekev - Tábor (v Leskovicích)
- objekt č. 39: most v km 3,007 TÚ 0206 Praha-Vršovice - Praha-Radotín (v Praze přes Chodovskou ulici),
- objekt č. 43: most v km 1,225 TÚ 0791 Praha-Libeň - Praha-Holešovice (v Praze přes Zenklovu ulici).

Výsledky měření jsou uvedeny v následující tabulce. Podrobnosti k mostu, který je předmětem tohoto přepočtu, jsou v [14].

Objekt č.	Místo	Nosná konstrukce	Rok realizace	Změřená síla [kN]	Udaje dle PD			
					Průměr drátu [mm]	Kotevní napětí [MPa]	Kotevní síla P_{max} [kN]	Ocel
5	Ostrava	MPD	1964	12,0	4,5	1215,5	19,322	1300/1625
				12,9	4,5	1215,5	19,322	
				11,3	4,5	1215,5	19,322	
				9,6	4,5	1215,5	19,322	
13	Přerov	KDP-15	1974	14,0	4,5	1332	21,174	1200/1650
				12,4	4,5	1332	21,174	
18	Leskovice	KT-18z	1974	30,6	7,0	1023	39,350	1000/1400
				32,8	7,0	1023	39,350	
39	Chodovská	I-TR	1962	16,0	4,5	1122	17,836	1200/1650
				15,1	4,5	1122	17,836	
43	Zenklova	KT-27	1972	33,3	7,0	980	37,696	1000/1400
				26,2	7,0	980	37,696	

Místo	Rok měření a přepočtu	Stáří v době přepočtu [roky]	Změřená síla/ P_{max} [%]	Ztráty v době měření [%]	Průměrné ztráty [%]	Vzdálenost měř.místa od opěry [m]	Vzdálenost měř.místa dol.líce [m]	Kabel
Ostrava	2016	52	62,1	37,9	35,6	4,1 od O1	0,30	zakřivený
			66,8	33,2		4,1 od O1	0,30	
			58,5	41,5	45,9	0,5 od P3	0,35	zakřivený
			49,7	50,3		0,5 od P3	0,35	
Přerov	2016	42	66,1 58,6	33,9 41,4	37,7	4,1 od O1	0,30	zakřivený
Leskovice	2016	42	77,8 83,4	22,2 16,6	19,4	4,1 od O2	0,10	zakřivený ¹⁾
Chodovská	2016	54	89,7 84,7	10,3 15,3	12,8	4,0 od O2	0,10	přímý
Zenklova	2016	44	88,3	11,7 69,5	21,1 30,5	7,5 od P12	0,10	přímý

¹⁾ zakřivený, podle ztrát proběhlo měření spíše před obloukem.

Třídy tratí, na kterých se nacházejí posuzované objekty, jsou z hlediska zatížení nových mostů následující:

Objekt č.	Místo	TU		Třída
		Č.	Název	
5	Ostrava	2561	Polanka n.Odrou - Ostrava-Kunčice	1
13	Přerov	1908	Prosenice - Dluhonice	2
18	Leskovice	1851	Horní Cerekev - Tábor	3
39	Chodovská	0206	Praha-Vršovice - Praha-Radotín	1
43	Zenklova	0791	Praha-Libeň - Praha-Holešovice	1

1.4. POUŽITÁ LITERATURA

- [1] Metodický pokyn pro určování zatížitelnosti železničních mostních objektů, SŽDC 2015,
- [2] ČSN EN 1990 ed. 2: 2015 (73 0002) Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí,
- [3] ČSN EN 1991-1-1: 2004 (73 0035) Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 1-1: Obecná zatížení - Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb, vč. Opravy 1 – 02/2010, Změny Z1 – 02/2010 a Změny Z2 – 03/2010,
- [4] ČSN EN 1991-1-4 ed. 2: 2013, (73 0035) Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 1-4: Obecná zatížení - Zatížení větrem,
- [5] ČSN EN 1991-1-5: 2005 (73 0035) Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 1-5: Obecná zatížení - Zatížení teplotou, vč. Opravy 1 – 02/2010, Opravy 2 – 06/2011, Změny Z1 – 02/2010 a Změny Z2 – 03/2010,
- [6] ČSN EN 1991-2: 2005 (73 6203) Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 2: Zatížení mostů dopravou, vč. Opravy 1 – 01/2011, Změny Z1 – 02/2010, Změny Z2 – 03/2010, Změny Z3 – 10/2012 a Změny Z4 - 11/2015,
- [7] ČSN EN 1992-1-1 ed. 2: 2011 (73 1201) Eurokód 2: Navrhování betonových konstrukcí - Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby, vč. Změny A1 - 11/2015 a Změny Z1 - 05/2016,
- [8] ČSN EN 1992-2: 2007 (73 6208) Eurokód 2: Navrhování betonových konstrukcí - Část 2: Betonové mosty - Navrhování a konstrukční zásady, vč. Opravy 1 – 10/2009, Změny Z1 – 03/2010 a Změny Z2 – 01/2014,
- [9] ČSN EN 1994-1-1 ed. 2: 2011 (73 1470) Eurokód 4: Navrhování spřažených ocelo-betonových konstrukcí - Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby,
- [10] ČSN EN 1994-2: 2007 (73 6210) Eurokód 4: Navrhování spřažených ocelobetonových konstrukcí - Část 2: Obecná pravidla a pravidla pro mosty, vč. Opravy 1 - 02/2009,
- [11] ČSN EN 15528: 2016 (73 6330) Železniční aplikace - Traťové třídy zatížení pro určení vztahu mezi dovoleným zatížením infrastruktury a maximálním zatížením vozidly,
- [12] Trať. spojka Radotín - Krč - Vršovice km 8,755 84 Most v Chodovské ul. (původní realizační dokumentace mostu - dochované části), Stavby silnic a železnic, 09/1959,
- [13] Diagnostika mostu - Chodovská ul. Praha, Experimentální centrum FSv ČVUT v Praze, 08/2016,
- [14] Diagnostika nosných konstrukcí a měření předpínací síly u předpjatých železničních mostů. Objekt č. 39: most v km 3,007 TÚ 0206 Praha-Vršovice - Praha-Radotín (Praha - Chodovská ulice), Inset s.r.o., 08/2016,

- [15] ČSN 73 6202: 1953 Jednotný mostní řád. Zatížení a statický výpočet mostů,
- [16] Směrnice pro navrhování mostů, 1951,
- [17] ČSN 73 2004: 1960 Směrnice pro konstrukce z předpjatého betonu , včetně
Změny – 07/1962, Změny b-1/1965, Změny c-1/1970 a Změny d-7/1970,

- [18] ČSN 73 6203: 1986 Zatížení mostů, vč. Změny a-8/1988, Změny b-11/1989
Opravy N1-07/1997,
- [19] ČSN 73 1001: 1987 Základová půda pod plošnými základy,

- [20] ČSN 73 6222: 2013 Zatížitelnost mostů pozemních komunikací, vč. Změny Z1 - 07/2015,
- [21] ČSN 73 6214: 2014 Navrhování betonových mostních konstrukcí,
- [22] ČSN P ENV 1992-2: 1998 (73 6208) Navrhování betonových konstrukcí - Část 2:
Betonové mosty,
- [23] Hořejší, J., Šafka, J. a kol.: Statické tabulky - Technický průvodce TP 51, SNTL 1987,
- [24] Masopust, J.: Vrtané piloty, Čeněk a Ježek, 1994,
- [25] Masopust, J.: Navrhování základových a pažicích konstrukcí - příručka k ČSN EN 1997,
ČKAIT 2012.

1.5. POUŽITÉ PROGRAMY

- [A] EXCEL (Microsoft) - tabulkový kalkulátor,
- [B] Allplan 2016 (Nemetschek) - grafický editor,
- [C] soubor programů pro navrhování pilot a pažicích konstrukcí, který je přílohou publikace
[24] .

2. KONSTRUKCE

2.1. SCHÉMA A ZÁKLADNÍ PARAMETRY KONSTRUKCE

Schéma konstrukce - viz původní výkresová dokumentace.

Základní parametry konstrukce:

Rozpětí nosníku:	$L =$	30,000	m
Celková délka nosné konstrukce:	$L_{NK} =$	32,300	m
Poloměr směrového oblouku:	$r =$	388,0	m
Maximální převýšení:	$p =$	75	mm
Tloušťka svršku:	$h_s =$	0,620	m
Rychlost na mostě:	$V =$	75,0	km/h

2.2. PRŮŘEZY BEZ OSLABENÍ KABELOVÝMI KANÁLKY

Jsou spočítány průřezové charakteristiky kompletních komorových nosníků; při úplném zanedbání podélných monolitických spár se například moment setrvačnosti průřezu uprostřed rozpětí změní o necelých 9%, reálný vliv postupné betonáže bude jistě výrazně menší. Vliv na výsledky bude ověřen parametrickým výpočtem.

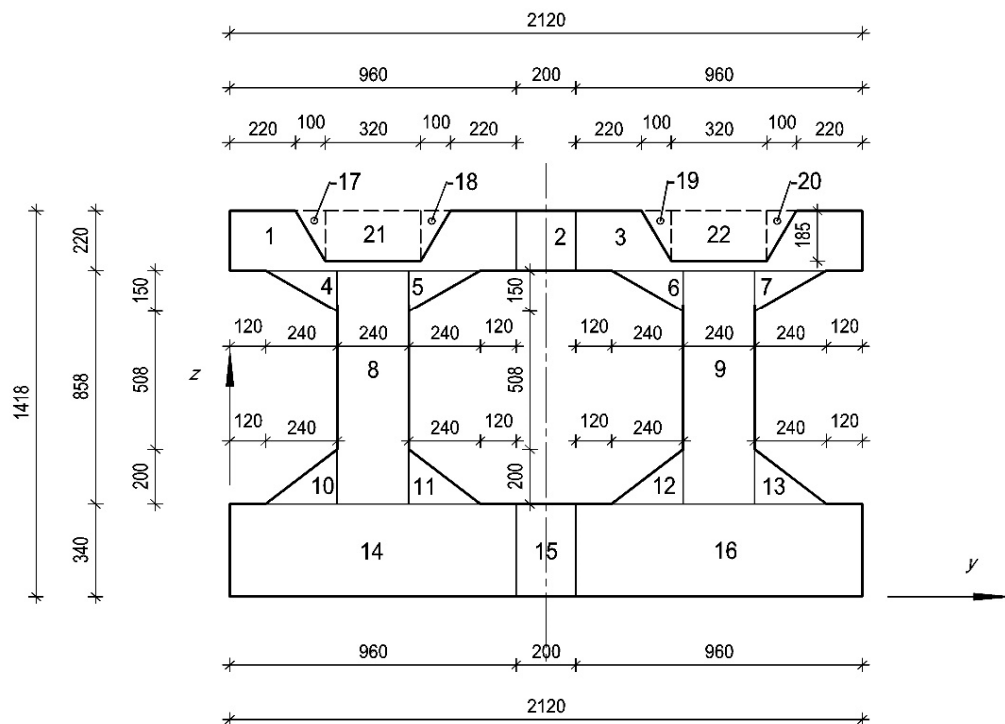
Protože do samostatných polonosníků je vneseno cca 27% kompletní předpínací síly vnesené do celých výsledných komorových nosníků, je předpětí uvažováno jako působící na kompletní nosník. Většina předpětí (cca 73%) byla skutečně až do kompletního nosníku vnesena a i část vnesená do polonosníků se vlivem dotvarování betonu z podstatné části přerozdělí do celého komorového průřezu.

2.2.1. PRŮŘEZ 0,000

2.2.1.1. Svislý směr

i	Tvar	n_i [ks]	a_e [-]	b_i [m]	h_i [m]	$z_{T,i}$ [m]	$a_{e \cdot n_i \cdot A_i}$ [m ²]	$a_{e \cdot z_{T,i} \cdot n_i \cdot A_i}$ [m ³]	$a_{e \cdot n_i \cdot I_{0i}}$ [m ⁴]	e_i [m]	$a_{e \cdot n_i \cdot A_i \cdot e_i^2}$ [m ⁴]	$a_{e \cdot I_i}$ [m ⁴]	z_T [m]
1	□	1	1,000	0,960	0,220	1,308	0,21120	0,27625	0,00085	0,710	0,10645	0,10730	0,598
2	□	1	1,000	0,200	0,220	1,308	0,04400	0,05755	0,00018	0,710	0,02218	0,02235	0,598
3	□	1	1,000	0,960	0,220	1,308	0,21120	0,27625	0,00085	0,710	0,10645	0,10730	0,598
4	Δ	1	1,000	0,240	0,150	1,148	0,01800	0,02066	0,00002	0,550	0,00544	0,00547	0,598
5	Δ	1	1,000	0,240	0,150	1,148	0,01800	0,02066	0,00002	0,550	0,00544	0,00547	0,598
6	Δ	1	1,000	0,240	0,150	1,148	0,01800	0,02066	0,00002	0,550	0,00544	0,00547	0,598
7	Δ	1	1,000	0,240	0,150	1,148	0,01800	0,02066	0,00002	0,550	0,00544	0,00547	0,598
8	□	1	1,000	0,240	0,858	0,769	0,20592	0,15835	0,01263	0,171	0,00602	0,01865	0,598
9	□	1	1,000	0,240	0,858	0,769	0,20592	0,15835	0,01263	0,171	0,00602	0,01865	0,598
10	Δ	1	1,000	0,240	0,200	0,407	0,02400	0,00976	0,00005	-0,191	0,00088	0,00093	0,598
11	Δ	1	1,000	0,240	0,200	0,407	0,02400	0,00976	0,00005	-0,191	0,00088	0,00093	0,598
12	Δ	1	1,000	0,240	0,200	0,407	0,02400	0,00976	0,00005	-0,191	0,00088	0,00093	0,598
13	Δ	1	1,000	0,240	0,200	0,407	0,02400	0,00976	0,00005	-0,191	0,00088	0,00093	0,598
14	□	1	1,000	0,960	0,340	0,170	0,32640	0,05549	0,00314	-0,428	0,05981	0,06295	0,598
15	□	1	1,000	0,200	0,340	0,170	0,06800	0,01156	0,00066	-0,428	0,01246	0,01312	0,598
16	□	1	1,000	0,960	0,340	0,170	0,32640	0,05549	0,00314	-0,428	0,05981	0,06295	0,598
17	Δ	-1	1,000	0,100	0,185	1,356	-0,00925	-0,01255	-0,00002	0,758	-0,00532	-0,00534	0,598
18	Δ	-1	1,000	0,100	0,185	1,356	-0,00925	-0,01255	-0,00002	0,758	-0,00532	-0,00534	0,598
19	Δ	-1	1,000	0,100	0,185	1,356	-0,00925	-0,01255	-0,00002	0,758	-0,00532	-0,00534	0,598
20	Δ	-1	1,000	0,100	0,185	1,356	-0,00925	-0,01255	-0,00002	0,758	-0,00532	-0,00534	0,598
21	□	-1	1,000	0,320	0,185	1,326	-0,05920	-0,07847	-0,00017	0,727	-0,03133	-0,03150	0,598
22	□	-1	1,000	0,320	0,185	1,326	-0,05920	-0,07847	-0,00017	0,727	-0,03133	-0,03150	0,598
							S 1,61164	0,96386					
												S 0,35453	

0,000



Výška průřezu: $h = 1,418 \text{ m}$

Plocha: $A = 1,61164 \text{ m}^2$

Moment setrvačnosti: $I_y = 0,35453 \text{ m}^4$

Výška těžiště: $z_T = 0,598 \text{ m}$

Průřezový modul - horní vlákna: $W^h = \frac{0,35453}{0,820} = 0,43239 \text{ m}^3$

Průřezový modul - dolní vlákna: $W^d = \frac{0,35453}{0,598} = 0,59280 \text{ m}^3$

Obvod vystavený prostředí (vnější+vnitřní): $u = 12,535 \text{ m}$

Náhradní tloušťka:

$h_0 = \frac{2 \cdot 1,61164}{12,535} = 0,257 \text{ m} = 257 \text{ mm}$

2.2.1.2. Vodorovný směr

i	Tvar	n_i [ks]	a_e [-]	b_i [m]	h_i [m]	$y_{T,i}$ [m]	$a_{e \cdot n_i \cdot A_i}$ [m ²]	$a_{e \cdot y_{T,i} \cdot n_i \cdot A_i}$ [m ³]	$a_{e \cdot n_i \cdot I_{0i}}$ [m ⁴]	e_i [m]	$a_{e \cdot n_i \cdot A_i \cdot e_i^2}$ [m ⁴]	$a_{e \cdot I_i}$ [m ⁴]	y_T [m]
1	□	1	1,000	0,220	0,960	0,480	0,21120	0,10138	0,01622	-0,580	0,07105	0,08727	1,060
2	□	1	1,000	0,220	0,200	1,060	0,04400	0,04664	0,00015	0,000	0,00000	0,00015	1,060
3	□	1	1,000	0,220	0,960	1,640	0,21120	0,34637	0,01622	0,580	0,07105	0,08727	1,060
4	Δ	1	1,000	0,150	0,240	0,280	0,01800	0,00504	0,00006	-0,780	0,01095	0,01101	1,060
5	Δ	1	1,000	0,150	0,240	0,680	0,01800	0,01224	0,00006	-0,380	0,00260	0,00266	1,060
6	Δ	1	1,000	0,150	0,240	1,440	0,01800	0,02592	0,00006	0,380	0,00260	0,00266	1,060
7	Δ	1	1,000	0,150	0,240	1,840	0,01800	0,03312	0,00006	0,780	0,01095	0,01101	1,060
8	□	1	1,000	0,858	0,240	0,480	0,20592	0,09884	0,00099	-0,580	0,06927	0,07026	1,060
9	□	1	1,000	0,858	0,240	1,640	0,20592	0,33771	0,00099	0,580	0,06927	0,07026	1,060
10	Δ	1	1,000	0,200	0,240	0,280	0,02400	0,00672	0,00008	-0,780	0,01460	0,01468	1,060
11	Δ	1	1,000	0,200	0,240	0,680	0,02400	0,01632	0,00008	-0,380	0,00347	0,00354	1,060
12	Δ	1	1,000	0,200	0,240	1,440	0,02400	0,03456	0,00008	0,380	0,00347	0,00354	1,060
13	Δ	1	1,000	0,200	0,240	1,840	0,02400	0,04416	0,00008	0,780	0,01460	0,01468	1,060
14	□	1	1,000	0,340	0,960	0,480	0,32640	0,15667	0,02507	-0,580	0,10980	0,13487	1,060
15	□	1	1,000	0,340	0,200	1,060	0,06800	0,07208	0,00023	0,000	0,00000	0,00023	1,060
16	□	1	1,000	0,340	0,960	1,640	0,32640	0,53530	0,02507	0,580	0,10980	0,13487	1,060
17	Δ	-1	1,000	0,185	0,100	0,287	-0,00925	-0,00265	-0,00001	-0,773	-0,00553	-0,00554	1,060
18	Δ	-1	1,000	0,185	0,100	0,673	-0,00925	-0,00623	-0,00001	-0,387	-0,00138	-0,00139	1,060
19	Δ	-1	1,000	0,185	0,100	1,447	-0,00925	-0,01338	-0,00001	0,387	-0,00138	-0,00139	1,060
20	Δ	-1	1,000	0,185	0,100	1,833	-0,00925	-0,01696	-0,00001	0,773	-0,00553	-0,00554	1,060
21	□	-1	1,000	0,185	0,320	0,480	-0,05920	-0,02842	-0,00051	-0,580	-0,01991	-0,02042	1,060
22	□	-1	1,000	0,185	0,320	1,640	-0,05920	-0,09709	-0,00051	0,580	-0,01991	-0,02042	1,060
S							1,61164	1,70834	S				0,59425

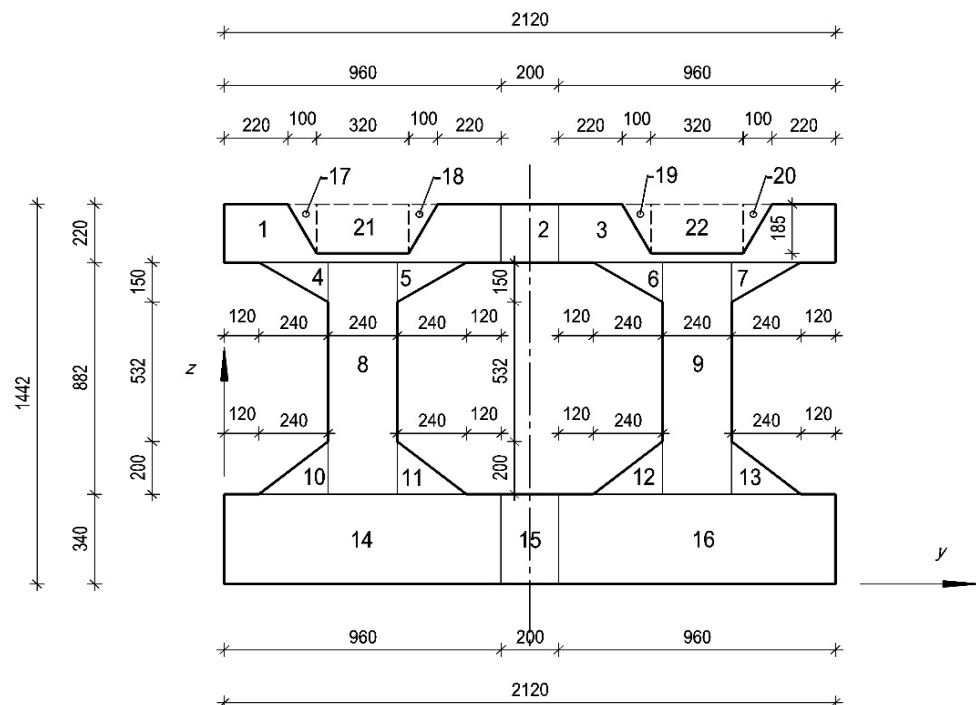
Šířka průřezu:	$b =$	2,120	m	Průřezový modul - levá vlákna:	$W^l =$	$W^{\text{ext}} =$	$\frac{0,59425}{1,060}$	$=$	0,56061	m^3
Plocha:	$A =$	1,61164	m^2	Průřezový modul - pravá vlákna:	$W^p =$	$W^{\text{int}} =$	$\frac{-0,59425}{1,060}$	$=$	-0,56061	m^3
Moment setrvačnosti:	$I_z =$	0,59425	m^4							
Poloha těžiště:	$y_T =$	1,060	m							

2.2.2. PRŮŘEZ 1,150

2.2.2.1. Svislý směr

i	Tvar	n_i [ks]	a_e [-]	b_i [m]	h_i [m]	$z_{T,i}$ [m]	$a_e \cdot n_i \cdot A_i$ [m ²]	$a_e \cdot z_{T,i} \cdot n_i \cdot A_i$ [m ³]	$a_e \cdot n_i \cdot I_{0i}$ [m ⁴]	e_i [m]	$a_e \cdot n_i \cdot A_i \cdot e_i^2$ [m ⁴]	$a_e \cdot I_i$ [m ⁴]	z_T [m]	
1	□	1	1,000	0,960	0,220	1,332	0,21120	0,28132	0,00085	0,724	0,11068	0,11154	0,608	
2	□	1	1,000	0,200	0,220	1,332	0,04400	0,05861	0,00018	0,724	0,02306	0,02324	0,608	
3	□	1	1,000	0,960	0,220	1,332	0,21120	0,28132	0,00085	0,724	0,11068	0,11154	0,608	
4	Δ	1	1,000	0,240	0,150	1,172	0,01800	0,02110	0,00002	0,564	0,00572	0,00575	0,608	
5	Δ	1	1,000	0,240	0,150	1,172	0,01800	0,02110	0,00002	0,564	0,00572	0,00575	0,608	
6	Δ	1	1,000	0,240	0,150	1,172	0,01800	0,02110	0,00002	0,564	0,00572	0,00575	0,608	
7	Δ	1	1,000	0,240	0,150	1,172	0,01800	0,02110	0,00002	0,564	0,00572	0,00575	0,608	
8	□	1	1,000	0,240	0,882	0,781	0,21168	0,16532	0,01372	0,173	0,00633	0,02005	0,608	
9	□	1	1,000	0,240	0,882	0,781	0,21168	0,16532	0,01372	0,173	0,00633	0,02005	0,608	
10	Δ	1	1,000	0,240	0,200	0,407	0,02400	0,00976	0,00005	-0,201	0,00097	0,00103	0,608	
11	Δ	1	1,000	0,240	0,200	0,407	0,02400	0,00976	0,00005	-0,201	0,00097	0,00103	0,608	
12	Δ	1	1,000	0,240	0,200	0,407	0,02400	0,00976	0,00005	-0,201	0,00097	0,00103	0,608	
13	Δ	1	1,000	0,240	0,200	0,407	0,02400	0,00976	0,00005	-0,201	0,00097	0,00103	0,608	
14	□	1	1,000	0,960	0,340	0,170	0,32640	0,05549	0,00314	-0,438	0,06264	0,06578	0,608	
15	□	1	1,000	0,200	0,340	0,170	0,06800	0,01156	0,00066	-0,438	0,01305	0,01370	0,608	
16	□	1	1,000	0,960	0,340	0,170	0,32640	0,05549	0,00314	-0,438	0,06264	0,06578	0,608	
17	Δ	-1	1,000	0,100	0,185	1,380	-0,00925	-0,01277	-0,00002	0,772	-0,00552	-0,00553	0,608	
18	Δ	-1	1,000	0,100	0,185	1,380	-0,00925	-0,01277	-0,00002	0,772	-0,00552	-0,00553	0,608	
19	Δ	-1	1,000	0,100	0,185	1,380	-0,00925	-0,01277	-0,00002	0,772	-0,00552	-0,00553	0,608	
20	Δ	-1	1,000	0,100	0,185	1,380	-0,00925	-0,01277	-0,00002	0,772	-0,00552	-0,00553	0,608	
21	□	-1	1,000	0,320	0,185	1,350	-0,05920	-0,07989	-0,00017	0,741	-0,03254	-0,03271	0,608	
22	□	-1	1,000	0,320	0,185	1,350	-0,05920	-0,07989	-0,00017	0,741	-0,03254	-0,03271	0,608	
S							1,62316	0,98700	S					0,37122

1,150



Výška průřezu: $h = 1,442 \text{ m}$

Plocha: $A = 1,62316 \text{ m}^2$

Moment setrvačnosti: $I_y = 0,37122 \text{ m}^4$

Výška těžiště: $z_T = 0,608 \text{ m}$

Průřezový modul - horní vlákna: $W^h = \frac{0,37122}{0,834} = 0,44514 \text{ m}^3$

Průřezový modul - dolní vlákna: $W^d = \frac{0,37122}{0,608} = 0,61048 \text{ m}^3$

Obvod vystavený prostředí (vnější+vnitřní): $u = 12,631 \text{ m}$

Náhradní tloušťka:

$h_0 = \frac{2 \cdot 1,62316}{12,631} = 0,257 \text{ m} = 257 \text{ mm}$

2.2.2.2. Vodorovný směr

i	Tvar	n_i [ks]	a_e [-]	b_i [m]	h_i [m]	$y_{T,i}$ [m]	a_{e,n_i,A_i} [m ²]	$a_{e,y_{T,i},n_i,A_i}$ [m ³]	$a_{e,n_i,I_{0i}}$ [m ⁴]	e_i [m]	$a_{e,n_i,A_i}e_i^2$ [m ⁴]	a_{e,I_i} [m ⁴]	y_T [m]
1	□	1	1,000	0,220	0,960	0,480	0,21120	0,10138	0,01622	-0,580	0,07105	0,08727	1,060
2	□	1	1,000	0,220	0,200	1,060	0,04400	0,04664	0,00015	0,000	0,00000	0,00015	1,060
3	□	1	1,000	0,220	0,960	1,640	0,21120	0,34637	0,01622	0,580	0,07105	0,08727	1,060
4	Δ	1	1,000	0,150	0,240	0,280	0,01800	0,00504	0,00006	-0,780	0,01095	0,01101	1,060
5	Δ	1	1,000	0,150	0,240	0,680	0,01800	0,01224	0,00006	-0,380	0,00260	0,00266	1,060
6	Δ	1	1,000	0,150	0,240	1,440	0,01800	0,02592	0,00006	0,380	0,00260	0,00266	1,060
7	Δ	1	1,000	0,150	0,240	1,840	0,01800	0,03312	0,00006	0,780	0,01095	0,01101	1,060
8	□	1	1,000	0,882	0,240	0,480	0,21168	0,10161	0,00102	-0,580	0,07121	0,07223	1,060
9	□	1	1,000	0,882	0,240	1,640	0,21168	0,34716	0,00102	0,580	0,07121	0,07223	1,060
10	Δ	1	1,000	0,200	0,240	0,280	0,02400	0,00672	0,00008	-0,780	0,01460	0,01468	1,060
11	Δ	1	1,000	0,200	0,240	0,680	0,02400	0,01632	0,00008	-0,380	0,00347	0,00354	1,060
12	Δ	1	1,000	0,200	0,240	1,440	0,02400	0,03456	0,00008	0,380	0,00347	0,00354	1,060
13	Δ	1	1,000	0,200	0,240	1,840	0,02400	0,04416	0,00008	0,780	0,01460	0,01468	1,060
14	□	1	1,000	0,340	0,960	0,480	0,32640	0,15667	0,02507	-0,580	0,10980	0,13487	1,060
15	□	1	1,000	0,340	0,200	1,060	0,06800	0,07208	0,00023	0,000	0,00000	0,00023	1,060
16	□	1	1,000	0,340	0,960	1,640	0,32640	0,53530	0,02507	0,580	0,10980	0,13487	1,060
17	Δ	-1	1,000	0,185	0,100	0,287	-0,00925	-0,00265	-0,00001	-0,773	-0,00553	-0,00554	1,060
18	Δ	-1	1,000	0,185	0,100	0,673	-0,00925	-0,00623	-0,00001	-0,387	-0,00138	-0,00139	1,060
19	Δ	-1	1,000	0,185	0,100	1,447	-0,00925	-0,01338	-0,00001	0,387	-0,00138	-0,00139	1,060
20	Δ	-1	1,000	0,185	0,100	1,833	-0,00925	-0,01696	-0,00001	0,773	-0,00553	-0,00554	1,060
21	□	-1	1,000	0,185	0,320	0,480	-0,05920	-0,02842	-0,00051	-0,580	-0,01991	-0,02042	1,060
22	□	-1	1,000	0,185	0,320	1,640	-0,05920	-0,09709	-0,00051	0,580	-0,01991	-0,02042	1,060
S							1,62316	1,72055	S				
									0,59818				

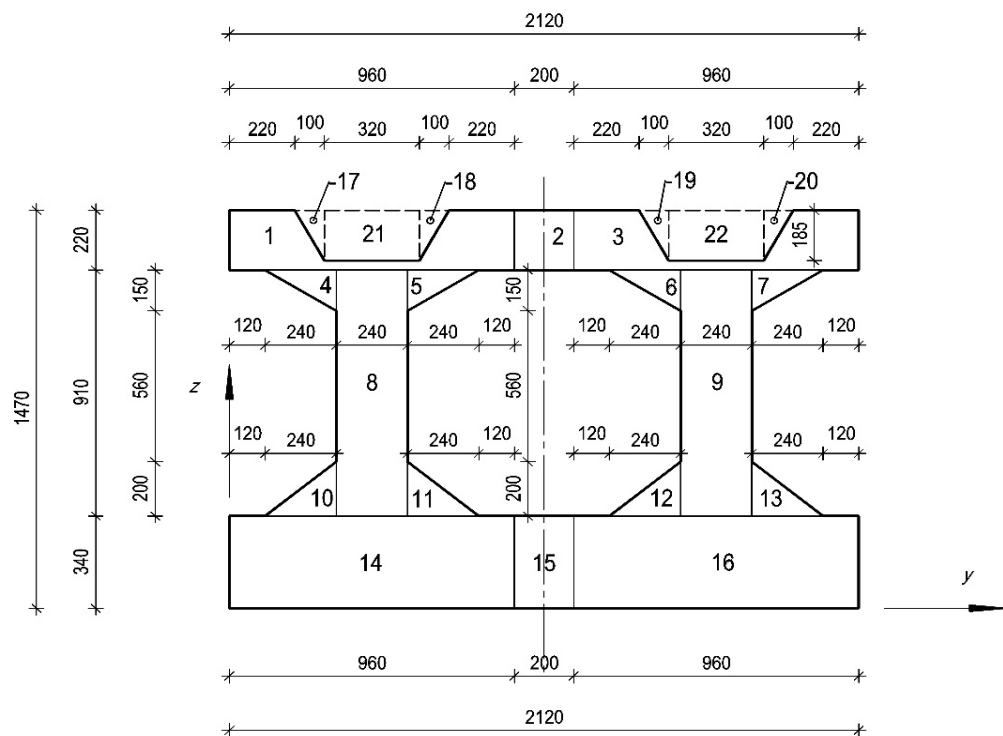
Šířka průřezu:	$b =$	2,120	m	Průřezový modul - levá vlákna:	$W^l =$	$W^{\text{ext}} =$	$\frac{0,59818}{1,060}$	$=$	0,56432	m^3
Plocha:	$A =$	1,62316	m^2	Průřezový modul - pravá vlákna:	$W^p =$	$W^{\text{int}} =$	$\frac{-0,59818}{1,060}$	$=$	-0,56432	m^3
Moment setrvačnosti:	$I_z =$	0,59818	m^4							
Poloha těžiště:	$y_T =$	1,060	m							

2.2.3. PRŮŘEZ 2,530

2.2.3.1. Svislý směr

i	Tvar	n_i [ks]	a_e [-]	b_i [m]	h_i [m]	$z_{T,i}$ [m]	$a_e \cdot n_i \cdot A_i$ [m ²]	$a_e \cdot z_{T,i} \cdot n_i \cdot A_i$ [m ³]	$a_e \cdot n_i \cdot I_{0i}$ [m ⁴]	e_i [m]	$a_e \cdot n_i \cdot A_i \cdot e_i^2$ [m ⁴]	$a_e \cdot I_i$ [m ⁴]	z_T [m]	
1	□	1	1,000	0,960	0,220	1,360	0,21120	0,28723	0,00085	0,740	0,11572	0,11657	0,620	
2	□	1	1,000	0,200	0,220	1,360	0,04400	0,05984	0,00018	0,740	0,02411	0,02429	0,620	
3	□	1	1,000	0,960	0,220	1,360	0,21120	0,28723	0,00085	0,740	0,11572	0,11657	0,620	
4	Δ	1	1,000	0,240	0,150	1,200	0,01800	0,02160	0,00002	0,580	0,00606	0,00608	0,620	
5	Δ	1	1,000	0,240	0,150	1,200	0,01800	0,02160	0,00002	0,580	0,00606	0,00608	0,620	
6	Δ	1	1,000	0,240	0,150	1,200	0,01800	0,02160	0,00002	0,580	0,00606	0,00608	0,620	
7	Δ	1	1,000	0,240	0,150	1,200	0,01800	0,02160	0,00002	0,580	0,00606	0,00608	0,620	
8	□	1	1,000	0,240	0,910	0,795	0,21840	0,17363	0,01507	0,175	0,00671	0,02178	0,620	
9	□	1	1,000	0,240	0,910	0,795	0,21840	0,17363	0,01507	0,175	0,00671	0,02178	0,620	
10	Δ	1	1,000	0,240	0,200	0,407	0,02400	0,00976	0,00005	-0,213	0,00109	0,00114	0,620	
11	Δ	1	1,000	0,240	0,200	0,407	0,02400	0,00976	0,00005	-0,213	0,00109	0,00114	0,620	
12	Δ	1	1,000	0,240	0,200	0,407	0,02400	0,00976	0,00005	-0,213	0,00109	0,00114	0,620	
13	Δ	1	1,000	0,240	0,200	0,407	0,02400	0,00976	0,00005	-0,213	0,00109	0,00114	0,620	
14	□	1	1,000	0,960	0,340	0,170	0,32640	0,05549	0,00314	-0,450	0,06603	0,06918	0,620	
15	□	1	1,000	0,200	0,340	0,170	0,06800	0,01156	0,00066	-0,450	0,01376	0,01441	0,620	
16	□	1	1,000	0,960	0,340	0,170	0,32640	0,05549	0,00314	-0,450	0,06603	0,06918	0,620	
17	Δ	-1	1,000	0,100	0,185	1,408	-0,00925	-0,01303	-0,00002	0,789	-0,00575	-0,00577	0,620	
18	Δ	-1	1,000	0,100	0,185	1,408	-0,00925	-0,01303	-0,00002	0,789	-0,00575	-0,00577	0,620	
19	Δ	-1	1,000	0,100	0,185	1,408	-0,00925	-0,01303	-0,00002	0,789	-0,00575	-0,00577	0,620	
20	Δ	-1	1,000	0,100	0,185	1,408	-0,00925	-0,01303	-0,00002	0,789	-0,00575	-0,00577	0,620	
21	□	-1	1,000	0,320	0,185	1,378	-0,05920	-0,08155	-0,00017	0,758	-0,03399	-0,03416	0,620	
22	□	-1	1,000	0,320	0,185	1,378	-0,05920	-0,08155	-0,00017	0,758	-0,03399	-0,03416	0,620	
S							1,63660	1,01433	S					0,39126

2,530



Výška průřezu: $h = 1,470 \text{ m}$

Plocha: $A = 1,63660 \text{ m}^2$

Moment setrvačnosti: $I_y = 0,39126 \text{ m}^4$

Výška těžiště: $z_T = 0,620 \text{ m}$

Průřezový modul - horní vlákna: $W^h = \frac{0,39126}{0,850} = 0,46019 \text{ m}^3$

Průřezový modul - dolní vlákna: $W^d = \frac{0,39126}{0,620} = 0,63129 \text{ m}^3$

Obvod vystavený prostředí (vnější+vnitřní): $u = 12,743 \text{ m}$

Náhradní tloušťka:

$$h_0 = \frac{2 \cdot 1,63660}{12,743} = 0,257 \text{ m} = 257 \text{ mm}$$

2.2.3.2. Vodorovný směr

i	Tvar	n_i [ks]	a_e [-]	b_i [m]	h_i [m]	$y_{T,i}$ [m]	$a_{e \cdot n_i \cdot A_i}$ [m ²]	$a_{e \cdot y_{T,i} \cdot n_i \cdot A_i}$ [m ³]	$a_{e \cdot n_i \cdot I_{0i}}$ [m ⁴]	e_i [m]	$a_{e \cdot n_i \cdot A_i \cdot e_i^2}$ [m ⁴]	$a_{e \cdot I_i}$ [m ⁴]	y_T [m]
1	□	1	1,000	0,220	0,960	0,480	0,21120	0,10138	0,01622	-0,580	0,07105	0,08727	1,060
2	□	1	1,000	0,220	0,200	1,060	0,04400	0,04664	0,00015	0,000	0,00000	0,00015	1,060
3	□	1	1,000	0,220	0,960	1,640	0,21120	0,34637	0,01622	0,580	0,07105	0,08727	1,060
4	Δ	1	1,000	0,150	0,240	0,280	0,01800	0,00504	0,00006	-0,780	0,01095	0,01101	1,060
5	Δ	1	1,000	0,150	0,240	0,680	0,01800	0,01224	0,00006	-0,380	0,00260	0,00266	1,060
6	Δ	1	1,000	0,150	0,240	1,440	0,01800	0,02592	0,00006	0,380	0,00260	0,00266	1,060
7	Δ	1	1,000	0,150	0,240	1,840	0,01800	0,03312	0,00006	0,780	0,01095	0,01101	1,060
8	□	1	1,000	0,910	0,240	0,480	0,21840	0,10483	0,00105	-0,580	0,07347	0,07452	1,060
9	□	1	1,000	0,910	0,240	1,640	0,21840	0,35818	0,00105	0,580	0,07347	0,07452	1,060
10	Δ	1	1,000	0,200	0,240	0,280	0,02400	0,00672	0,00008	-0,780	0,01460	0,01468	1,060
11	Δ	1	1,000	0,200	0,240	0,680	0,02400	0,01632	0,00008	-0,380	0,00347	0,00354	1,060
12	Δ	1	1,000	0,200	0,240	1,440	0,02400	0,03456	0,00008	0,380	0,00347	0,00354	1,060
13	Δ	1	1,000	0,200	0,240	1,840	0,02400	0,04416	0,00008	0,780	0,01460	0,01468	1,060
14	□	1	1,000	0,340	0,960	0,480	0,32640	0,15667	0,02507	-0,580	0,10980	0,13487	1,060
15	□	1	1,000	0,340	0,200	1,060	0,06800	0,07208	0,00023	0,000	0,00000	0,00023	1,060
16	□	1	1,000	0,340	0,960	1,640	0,32640	0,53530	0,02507	0,580	0,10980	0,13487	1,060
17	Δ	-1	1,000	0,185	0,100	0,287	-0,00925	-0,00265	-0,00001	-0,773	-0,00553	-0,00554	1,060
18	Δ	-1	1,000	0,185	0,100	0,673	-0,00925	-0,00623	-0,00001	-0,387	-0,00138	-0,00139	1,060
19	Δ	-1	1,000	0,185	0,100	1,447	-0,00925	-0,01338	-0,00001	0,387	-0,00138	-0,00139	1,060
20	Δ	-1	1,000	0,185	0,100	1,833	-0,00925	-0,01696	-0,00001	0,773	-0,00553	-0,00554	1,060
21	□	-1	1,000	0,185	0,320	0,480	-0,05920	-0,02842	-0,00051	-0,580	-0,01991	-0,02042	1,060
22	□	-1	1,000	0,185	0,320	1,640	-0,05920	-0,09709	-0,00051	0,580	-0,01991	-0,02042	1,060
S							1,63660	1,73480	S				0,60276

Šířka průřezu:

$$b = 2,120 \text{ m}$$

Průřezový modul - levá vlákna:

$$W^l = W^{\text{ext}} = \frac{0,60276}{1,060} = 0,56865 \text{ m}^3$$

Plocha:

$$A = 1,63660 \text{ m}^2$$

Průřezový modul - pravá vlákna:

$$W^p = W^{\text{int}} = \frac{-0,60276}{1,060} = -0,56865 \text{ m}^3$$

Moment setrvačnosti:

$$I_z = 0,60276 \text{ m}^4$$

Poloha těžiště:

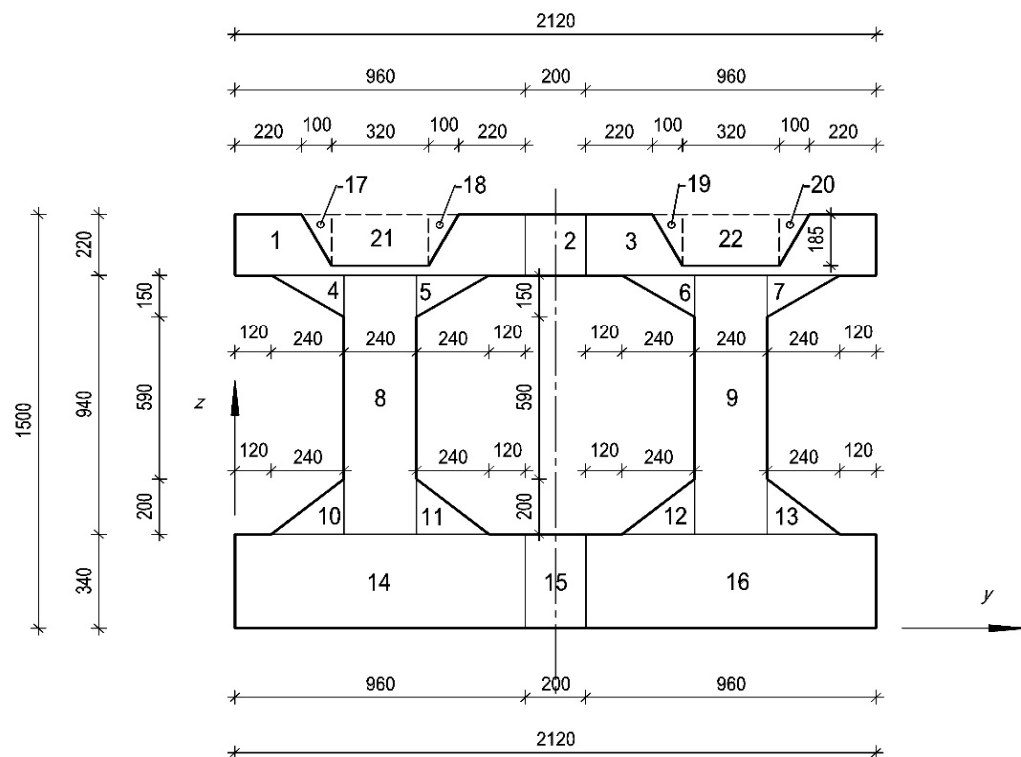
$$y_T = 1,060 \text{ m}$$

2.2.4. PRŮŘEZ 3,980

2.2.4.1. Svislý směr

i	Tvar	n_i [ks]	a_e [-]	b_i [m]	h_i [m]	$z_{T,i}$ [m]	$a_e \cdot n_i \cdot A_i$ [m ²]	$a_e \cdot z_{T,i} \cdot n_i \cdot A_i$ [m ³]	$a_e \cdot n_i \cdot I_{0i}$ [m ⁴]	e_i [m]	$a_e \cdot n_i \cdot A_i \cdot e_i^2$ [m ⁴]	$a_e \cdot I_i$ [m ⁴]	z_T [m]	
1	□	1	1,000	0,960	0,220	1,390	0,21120	0,29357	0,00085	0,758	0,12123	0,12208	0,632	
2	□	1	1,000	0,200	0,220	1,390	0,04400	0,06116	0,00018	0,758	0,02526	0,02543	0,632	
3	□	1	1,000	0,960	0,220	1,390	0,21120	0,29357	0,00085	0,758	0,12123	0,12208	0,632	
4	Δ	1	1,000	0,240	0,150	1,230	0,01800	0,02214	0,00002	0,598	0,00643	0,00645	0,632	
5	Δ	1	1,000	0,240	0,150	1,230	0,01800	0,02214	0,00002	0,598	0,00643	0,00645	0,632	
6	Δ	1	1,000	0,240	0,150	1,230	0,01800	0,02214	0,00002	0,598	0,00643	0,00645	0,632	
7	Δ	1	1,000	0,240	0,150	1,230	0,01800	0,02214	0,00002	0,598	0,00643	0,00645	0,632	
8	□	1	1,000	0,240	0,940	0,810	0,22560	0,18274	0,01661	0,178	0,00712	0,02373	0,632	
9	□	1	1,000	0,240	0,940	0,810	0,22560	0,18274	0,01661	0,178	0,00712	0,02373	0,632	
10	Δ	1	1,000	0,240	0,200	0,407	0,02400	0,00976	0,00005	-0,226	0,00122	0,00128	0,632	
11	Δ	1	1,000	0,240	0,200	0,407	0,02400	0,00976	0,00005	-0,226	0,00122	0,00128	0,632	
12	Δ	1	1,000	0,240	0,200	0,407	0,02400	0,00976	0,00005	-0,226	0,00122	0,00128	0,632	
13	Δ	1	1,000	0,240	0,200	0,407	0,02400	0,00976	0,00005	-0,226	0,00122	0,00128	0,632	
14	□	1	1,000	0,960	0,340	0,170	0,32640	0,05549	0,00314	-0,462	0,06978	0,07292	0,632	
15	□	1	1,000	0,200	0,340	0,170	0,06800	0,01156	0,00066	-0,462	0,01454	0,01519	0,632	
16	□	1	1,000	0,960	0,340	0,170	0,32640	0,05549	0,00314	-0,462	0,06978	0,07292	0,632	
17	Δ	-1	1,000	0,100	0,185	1,438	-0,00925	-0,01330	-0,00002	0,806	-0,00601	-0,00603	0,632	
18	Δ	-1	1,000	0,100	0,185	1,438	-0,00925	-0,01330	-0,00002	0,806	-0,00601	-0,00603	0,632	
19	Δ	-1	1,000	0,100	0,185	1,438	-0,00925	-0,01330	-0,00002	0,806	-0,00601	-0,00603	0,632	
20	Δ	-1	1,000	0,100	0,185	1,438	-0,00925	-0,01330	-0,00002	0,806	-0,00601	-0,00603	0,632	
21	□	-1	1,000	0,320	0,185	1,408	-0,05920	-0,08332	-0,00017	0,775	-0,03557	-0,03574	0,632	
22	□	-1	1,000	0,320	0,185	1,408	-0,05920	-0,08332	-0,00017	0,775	-0,03557	-0,03574	0,632	
S							1,65100	1,04404	S				0,41343	

3,980



Výška průřezu: $h = 1,500 \text{ m}$

Plocha: $A = 1,65100 \text{ m}^2$

Moment setrvačnosti: $I_y = 0,41343 \text{ m}^4$

Výška těžiště: $z_T = 0,632 \text{ m}$

Průřezový modul - horní vlákna: $W^h = \frac{0,41343}{0,868} = 0,47650 \text{ m}^3$

Průřezový modul - dolní vlákna: $W^d = \frac{0,41343}{0,632} = 0,65378 \text{ m}^3$

Obvod vystavený prostředí (vnější+vnitřní): $u = 12,863 \text{ m}$

Náhradní tloušťka:

$h_0 = \frac{2 \cdot 1,65100}{12,863} = 0,257 \text{ m} = 257 \text{ mm}$

2.2.4.2. Vodorovný směr

i	Tvar	n_i [ks]	a_e [-]	b_i [m]	h_i [m]	$y_{T,i}$ [m]	$a_e \cdot n_i \cdot A_i$ [m ²]	$a_e \cdot y_{T,i} \cdot n_i \cdot A_i$ [m ³]	$a_e \cdot n_i \cdot I_{0i}$ [m ⁴]	e_i [m]	$a_e \cdot n_i \cdot A_i \cdot e_i^2$ [m ⁴]	$a_e \cdot I_i$ [m ⁴]	y_T [m]
1	□	1	1,000	0,220	0,960	0,480	0,21120	0,10138	0,01622	-0,580	0,07105	0,08727	1,060
2	□	1	1,000	0,220	0,200	1,060	0,04400	0,04664	0,00015	0,000	0,00000	0,00015	1,060
3	□	1	1,000	0,220	0,960	1,640	0,21120	0,34637	0,01622	0,580	0,07105	0,08727	1,060
4	Δ	1	1,000	0,150	0,240	0,280	0,01800	0,00504	0,00006	-0,780	0,01095	0,01101	1,060
5	Δ	1	1,000	0,150	0,240	0,680	0,01800	0,01224	0,00006	-0,380	0,00260	0,00266	1,060
6	Δ	1	1,000	0,150	0,240	1,440	0,01800	0,02592	0,00006	0,380	0,00260	0,00266	1,060
7	Δ	1	1,000	0,150	0,240	1,840	0,01800	0,03312	0,00006	0,780	0,01095	0,01101	1,060
8	□	1	1,000	0,940	0,240	0,480	0,22560	0,10829	0,00108	-0,580	0,07589	0,07697	1,060
9	□	1	1,000	0,940	0,240	1,640	0,22560	0,36998	0,00108	0,580	0,07589	0,07697	1,060
10	Δ	1	1,000	0,200	0,240	0,280	0,02400	0,00672	0,00008	-0,780	0,01460	0,01468	1,060
11	Δ	1	1,000	0,200	0,240	0,680	0,02400	0,01632	0,00008	-0,380	0,00347	0,00354	1,060
12	Δ	1	1,000	0,200	0,240	1,440	0,02400	0,03456	0,00008	0,380	0,00347	0,00354	1,060
13	Δ	1	1,000	0,200	0,240	1,840	0,02400	0,04416	0,00008	0,780	0,01460	0,01468	1,060
14	□	1	1,000	0,340	0,960	0,480	0,32640	0,15667	0,02507	-0,580	0,10980	0,13487	1,060
15	□	1	1,000	0,340	0,200	1,060	0,06800	0,07208	0,00023	0,000	0,00000	0,00023	1,060
16	□	1	1,000	0,340	0,960	1,640	0,32640	0,53530	0,02507	0,580	0,10980	0,13487	1,060
17	Δ	-1	1,000	0,185	0,100	0,287	-0,00925	-0,00265	-0,00001	-0,773	-0,00553	-0,00554	1,060
18	Δ	-1	1,000	0,185	0,100	0,673	-0,00925	-0,00623	-0,00001	-0,387	-0,00138	-0,00139	1,060
19	Δ	-1	1,000	0,185	0,100	1,447	-0,00925	-0,01338	-0,00001	0,387	-0,00138	-0,00139	1,060
20	Δ	-1	1,000	0,185	0,100	1,833	-0,00925	-0,01696	-0,00001	0,773	-0,00553	-0,00554	1,060
21	□	-1	1,000	0,185	0,320	0,480	-0,05920	-0,02842	-0,00051	-0,580	-0,01991	-0,02042	1,060
22	□	-1	1,000	0,185	0,320	1,640	-0,05920	-0,09709	-0,00051	0,580	-0,01991	-0,02042	1,060
							S 1,65100	1,75006					
									S	0,60768			

Šířka průřezu:

$$b = 2,120 \text{ m}$$

Průřezový modul - levá vlákna:

$$W^l = W^{\text{ext}} = \frac{0,60768}{1,060} = 0,57328 \text{ m}^3$$

Plocha:

$$A = 1,65100 \text{ m}^2$$

Průřezový modul - pravá vlákna:

$$W^p = W^{\text{int}} = \frac{-0,60768}{1,060} = -0,57328 \text{ m}^3$$

Moment setrvačnosti:

$$I_z = 0,60768 \text{ m}^4$$

Poloha těžiště:

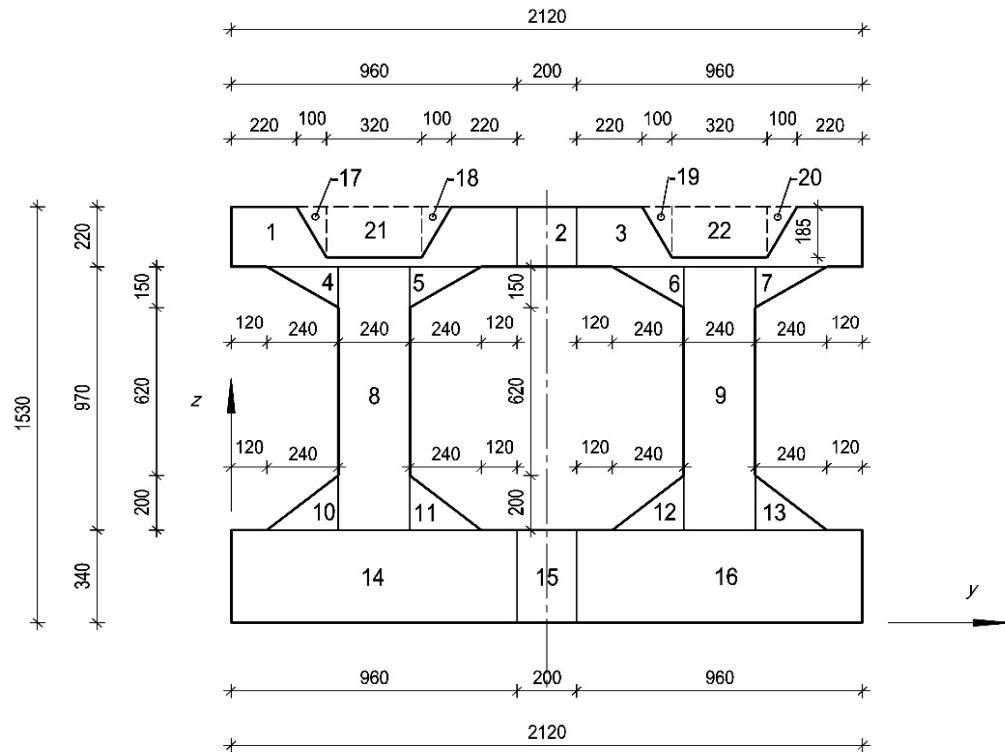
$$y_T = 1,060 \text{ m}$$

2.2.5. PRŮŘEZ 5,430

2.2.5.1. Svislý směr

i	Tvar	n_i [ks]	a_e [-]	b_i [m]	h_i [m]	$z_{T,i}$ [m]	$a_e \cdot n_i \cdot A_i$ [m ²]	$a_e \cdot z_{T,i} \cdot n_i \cdot A_i$ [m ³]	$a_e \cdot n_i \cdot I_{0i}$ [m ⁴]	e_i [m]	$a_e \cdot n_i \cdot A_i e_i^2$ [m ⁴]	$a_e \cdot I_i$ [m ⁴]	z_T [m]	
1	□	1	1,000	0,960	0,220	1,420	0,21120	0,29990	0,00085	0,775	0,12685	0,12771	0,645	
2	□	1	1,000	0,200	0,220	1,420	0,04400	0,06248	0,00018	0,775	0,02643	0,02661	0,645	
3	□	1	1,000	0,960	0,220	1,420	0,21120	0,29990	0,00085	0,775	0,12685	0,12771	0,645	
4	Δ	1	1,000	0,240	0,150	1,260	0,01800	0,02268	0,00002	0,615	0,00681	0,00683	0,645	
5	Δ	1	1,000	0,240	0,150	1,260	0,01800	0,02268	0,00002	0,615	0,00681	0,00683	0,645	
6	Δ	1	1,000	0,240	0,150	1,260	0,01800	0,02268	0,00002	0,615	0,00681	0,00683	0,645	
7	Δ	1	1,000	0,240	0,150	1,260	0,01800	0,02268	0,00002	0,615	0,00681	0,00683	0,645	
8	□	1	1,000	0,240	0,970	0,825	0,23280	0,19206	0,01825	0,180	0,00754	0,02580	0,645	
9	□	1	1,000	0,240	0,970	0,825	0,23280	0,19206	0,01825	0,180	0,00754	0,02580	0,645	
10	Δ	1	1,000	0,240	0,200	0,407	0,02400	0,00976	0,00005	-0,238	0,00136	0,00142	0,645	
11	Δ	1	1,000	0,240	0,200	0,407	0,02400	0,00976	0,00005	-0,238	0,00136	0,00142	0,645	
12	Δ	1	1,000	0,240	0,200	0,407	0,02400	0,00976	0,00005	-0,238	0,00136	0,00142	0,645	
13	Δ	1	1,000	0,240	0,200	0,407	0,02400	0,00976	0,00005	-0,238	0,00136	0,00142	0,645	
14	□	1	1,000	0,960	0,340	0,170	0,32640	0,05549	0,00314	-0,475	0,07364	0,07679	0,645	
15	□	1	1,000	0,200	0,340	0,170	0,06800	0,01156	0,00066	-0,475	0,01534	0,01600	0,645	
16	□	1	1,000	0,960	0,340	0,170	0,32640	0,05549	0,00314	-0,475	0,07364	0,07679	0,645	
17	Δ	-1	1,000	0,100	0,185	1,468	-0,00925	-0,01358	-0,00002	0,823	-0,00627	-0,00629	0,645	
18	Δ	-1	1,000	0,100	0,185	1,468	-0,00925	-0,01358	-0,00002	0,823	-0,00627	-0,00629	0,645	
19	Δ	-1	1,000	0,100	0,185	1,468	-0,00925	-0,01358	-0,00002	0,823	-0,00627	-0,00629	0,645	
20	Δ	-1	1,000	0,100	0,185	1,468	-0,00925	-0,01358	-0,00002	0,823	-0,00627	-0,00629	0,645	
21	□	-1	1,000	0,320	0,185	1,438	-0,05920	-0,08510	-0,00017	0,793	-0,03718	-0,03735	0,645	
22	□	-1	1,000	0,320	0,185	1,438	-0,05920	-0,08510	-0,00017	0,793	-0,03718	-0,03735	0,645	
S							1,66540	1,07418	S					0,43632

5,430



Výška průřezu: $h = 1,530 \text{ m}$

Plocha: $A = 1,66540 \text{ m}^2$

Moment setrvačnosti: $I_y = 0,43632 \text{ m}^4$

Výška těžiště: $z_T = 0,645 \text{ m}$

Průřezový modul - horní vlákna: $W^h = \frac{0,43632}{0,885} = 0,49301 \text{ m}^3$

Průřezový modul - dolní vlákna: $W^d = \frac{0,43632}{0,645} = 0,67646 \text{ m}^3$

Obvod vystavený prostředí (vnější+vnitřní): $u = 12,983 \text{ m}$

Náhradní tloušťka:

$h_0 = \frac{2 \cdot 1,66540}{12,983} = 0,257 \text{ m} = 257 \text{ mm}$

2.2.5.2. Vodorovný směr

i	Tvar	n_i [ks]	a_e [-]	b_i [m]	h_i [m]	$y_{T,i}$ [m]	a_{e,n_i,A_i} [m ²]	$a_{e,y_{T,i},n_i,A_i}$ [m ³]	$a_{e,n_i,I_{0i}}$ [m ⁴]	e_i [m]	$a_{e,n_i,A_i}e_i^2$ [m ⁴]	a_{e,I_i} [m ⁴]	y_T [m]	
1	□	1	1,000	0,220	0,960	0,480	0,21120	0,10138	0,01622	-0,580	0,07105	0,08727	1,060	
2	□	1	1,000	0,220	0,200	1,060	0,04400	0,04664	0,00015	0,000	0,00000	0,00015	1,060	
3	□	1	1,000	0,220	0,960	1,640	0,21120	0,34637	0,01622	0,580	0,07105	0,08727	1,060	
4	Δ	1	1,000	0,150	0,240	0,280	0,01800	0,00504	0,00006	-0,780	0,01095	0,01101	1,060	
5	Δ	1	1,000	0,150	0,240	0,680	0,01800	0,01224	0,00006	-0,380	0,00260	0,00266	1,060	
6	Δ	1	1,000	0,150	0,240	1,440	0,01800	0,02592	0,00006	0,380	0,00260	0,00266	1,060	
7	Δ	1	1,000	0,150	0,240	1,840	0,01800	0,03312	0,00006	0,780	0,01095	0,01101	1,060	
8	□	1	1,000	0,970	0,240	0,480	0,23280	0,11174	0,00112	-0,580	0,07831	0,07943	1,060	
9	□	1	1,000	0,970	0,240	1,640	0,23280	0,38179	0,00112	0,580	0,07831	0,07943	1,060	
10	Δ	1	1,000	0,200	0,240	0,280	0,02400	0,00672	0,00008	-0,780	0,01460	0,01468	1,060	
11	Δ	1	1,000	0,200	0,240	0,680	0,02400	0,01632	0,00008	-0,380	0,00347	0,00354	1,060	
12	Δ	1	1,000	0,200	0,240	1,440	0,02400	0,03456	0,00008	0,380	0,00347	0,00354	1,060	
13	Δ	1	1,000	0,200	0,240	1,840	0,02400	0,04416	0,00008	0,780	0,01460	0,01468	1,060	
14	□	1	1,000	0,340	0,960	0,480	0,32640	0,15667	0,02507	-0,580	0,10980	0,13487	1,060	
15	□	1	1,000	0,340	0,200	1,060	0,06800	0,07208	0,00023	0,000	0,00000	0,00023	1,060	
16	□	1	1,000	0,340	0,960	1,640	0,32640	0,53530	0,02507	0,580	0,10980	0,13487	1,060	
17	Δ	-1	1,000	0,185	0,100	0,287	-0,00925	-0,00265	-0,00001	-0,773	-0,00553	-0,00554	1,060	
18	Δ	-1	1,000	0,185	0,100	0,673	-0,00925	-0,00623	-0,00001	-0,387	-0,00138	-0,00139	1,060	
19	Δ	-1	1,000	0,185	0,100	1,447	-0,00925	-0,01338	-0,00001	0,387	-0,00138	-0,00139	1,060	
20	Δ	-1	1,000	0,185	0,100	1,833	-0,00925	-0,01696	-0,00001	0,773	-0,00553	-0,00554	1,060	
21	□	-1	1,000	0,185	0,320	0,480	-0,05920	-0,02842	-0,00051	-0,580	-0,01991	-0,02042	1,060	
22	□	-1	1,000	0,185	0,320	1,640	-0,05920	-0,09709	-0,00051	0,580	-0,01991	-0,02042	1,060	
S							1,66540	1,76532	S					0,61259

Šířka průřezu:

$$b = 2,120 \text{ m}$$

Průřezový modul - levá vlákna:

$$W^l = W^{\text{ext}} = \frac{0,61259}{1,060} = 0,57792 \text{ m}^3$$

Plocha:

$$A = 1,66540 \text{ m}^2$$

Průřezový modul - pravá vlákna:

$$W^p = W^{\text{int}} = \frac{-0,61259}{1,060} = \frac{-0,57792}{\text{m}^3}$$

Moment setrvačnosti:

$$I_z = 0,61259 \text{ m}^4$$

Poloha těžiště:

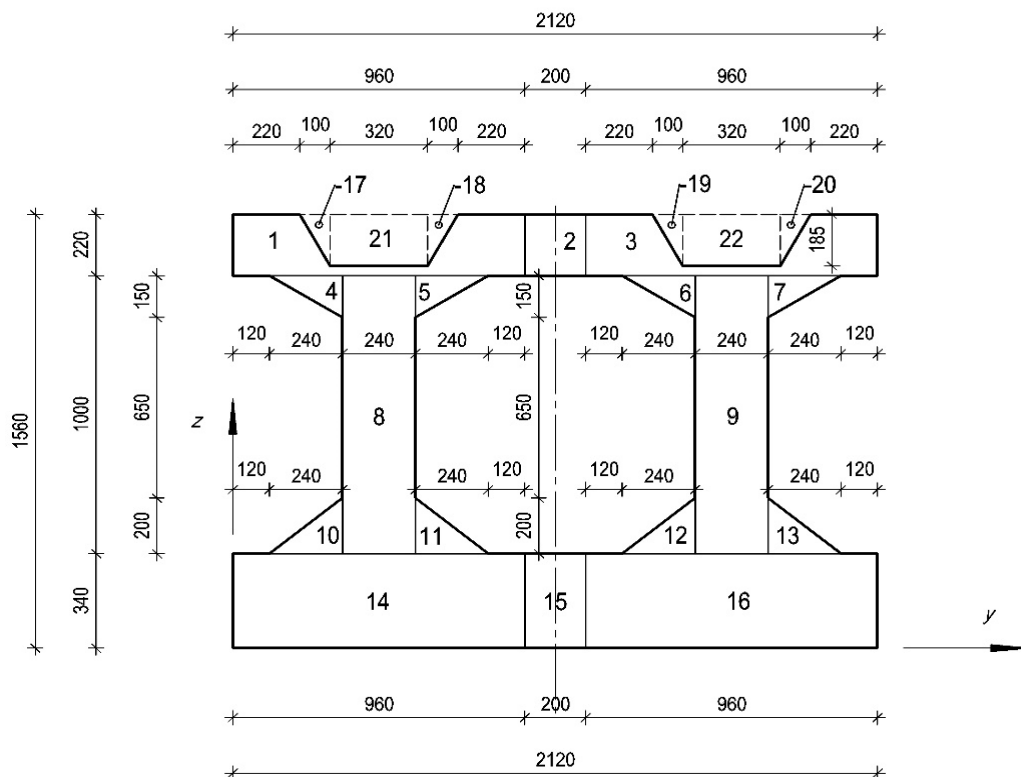
$$y_T = 1,060 \text{ m}$$

2.2.6. PRŮŘEZ 6,880

2.2.6.1. S oslabením - svislý směr

i	Tvar	n_i [ks]	a_e [-]	b_i [m]	h_i [m]	$z_{T,i}$ [m]	$a_{e \cdot n_i \cdot A_i}$ [m ²]	$a_{e \cdot z_{T,i} \cdot n_i \cdot A_i}$ [m ³]	$a_{e \cdot n_i \cdot I_{0i}}$ [m ⁴]	e_i [m]	$a_{e \cdot n_i \cdot A_i \cdot e_i^2}$ [m ⁴]	$a_{e \cdot I_i}$ [m ⁴]	z_T [m]	
1	□	1	1,000	0,960	0,220	1,450	0,21120	0,30624	0,00085	0,792	0,13259	0,13344	0,658	
2	□	1	1,000	0,200	0,220	1,450	0,04400	0,06380	0,00018	0,792	0,02762	0,02780	0,658	
3	□	1	1,000	0,960	0,220	1,450	0,21120	0,30624	0,00085	0,792	0,13259	0,13344	0,658	
4	Δ	1	1,000	0,240	0,150	1,290	0,01800	0,02322	0,00002	0,632	0,00720	0,00722	0,658	
5	Δ	1	1,000	0,240	0,150	1,290	0,01800	0,02322	0,00002	0,632	0,00720	0,00722	0,658	
6	Δ	1	1,000	0,240	0,150	1,290	0,01800	0,02322	0,00002	0,632	0,00720	0,00722	0,658	
7	Δ	1	1,000	0,240	0,150	1,290	0,01800	0,02322	0,00002	0,632	0,00720	0,00722	0,658	
8	□	1	1,000	0,240	1,000	0,840	0,24000	0,20160	0,02000	0,182	0,00798	0,02798	0,658	
9	□	1	1,000	0,240	1,000	0,840	0,24000	0,20160	0,02000	0,182	0,00798	0,02798	0,658	
10	Δ	1	1,000	0,240	0,200	0,407	0,02400	0,00976	0,00005	-0,251	0,00151	0,00157	0,658	
11	Δ	1	1,000	0,240	0,200	0,407	0,02400	0,00976	0,00005	-0,251	0,00151	0,00157	0,658	
12	Δ	1	1,000	0,240	0,200	0,407	0,02400	0,00976	0,00005	-0,251	0,00151	0,00157	0,658	
13	Δ	1	1,000	0,240	0,200	0,407	0,02400	0,00976	0,00005	-0,251	0,00151	0,00157	0,658	
14	□	1	1,000	0,960	0,340	0,170	0,32640	0,05549	0,00314	-0,488	0,07762	0,08077	0,658	
15	□	1	1,000	0,200	0,340	0,170	0,06800	0,01156	0,00066	-0,488	0,01617	0,01683	0,658	
16	□	1	1,000	0,960	0,340	0,170	0,32640	0,05549	0,00314	-0,488	0,07762	0,08077	0,658	
17	Δ	-1	1,000	0,100	0,185	1,498	-0,00925	-0,01386	-0,00002	0,841	-0,00654	-0,00655	0,658	
18	Δ	-1	1,000	0,100	0,185	1,498	-0,00925	-0,01386	-0,00002	0,841	-0,00654	-0,00655	0,658	
19	Δ	-1	1,000	0,100	0,185	1,498	-0,00925	-0,01386	-0,00002	0,841	-0,00654	-0,00655	0,658	
20	Δ	-1	1,000	0,100	0,185	1,498	-0,00925	-0,01386	-0,00002	0,841	-0,00654	-0,00655	0,658	
21	□	-1	1,000	0,320	0,185	1,468	-0,05920	-0,08688	-0,00017	0,810	-0,03883	-0,03899	0,658	
22	□	-1	1,000	0,320	0,185	1,468	-0,05920	-0,08688	-0,00017	0,810	-0,03883	-0,03899	0,658	
S							1,67980	1,10475	S					0,45994

6,880



Výška průřezu: $h = 1,560 \text{ m}$

Plocha: $A = 1,67980 \text{ m}^2$

Moment setrvačnosti: $I_y = 0,45994 \text{ m}^4$

Výška těžiště: $z_T = 0,658 \text{ m}$

Průřezový modul - horní vlákna: $W^h = \frac{0,45994}{0,902} = 0,50972 \text{ m}^3$

Průřezový modul - dolní vlákna: $W^d = \frac{0,45994}{0,658} = 0,69935 \text{ m}^3$

Obvod vystavený prostředí (vnější+vnitřní): $u = 13,103 \text{ m}$

Náhradní tloušťka:

$$h_0 = \frac{2 \cdot 1,67980}{13,103} = 0,256 \text{ m} = 256 \text{ mm}$$

2.2.6.2. S oslabením - vodorovný směr

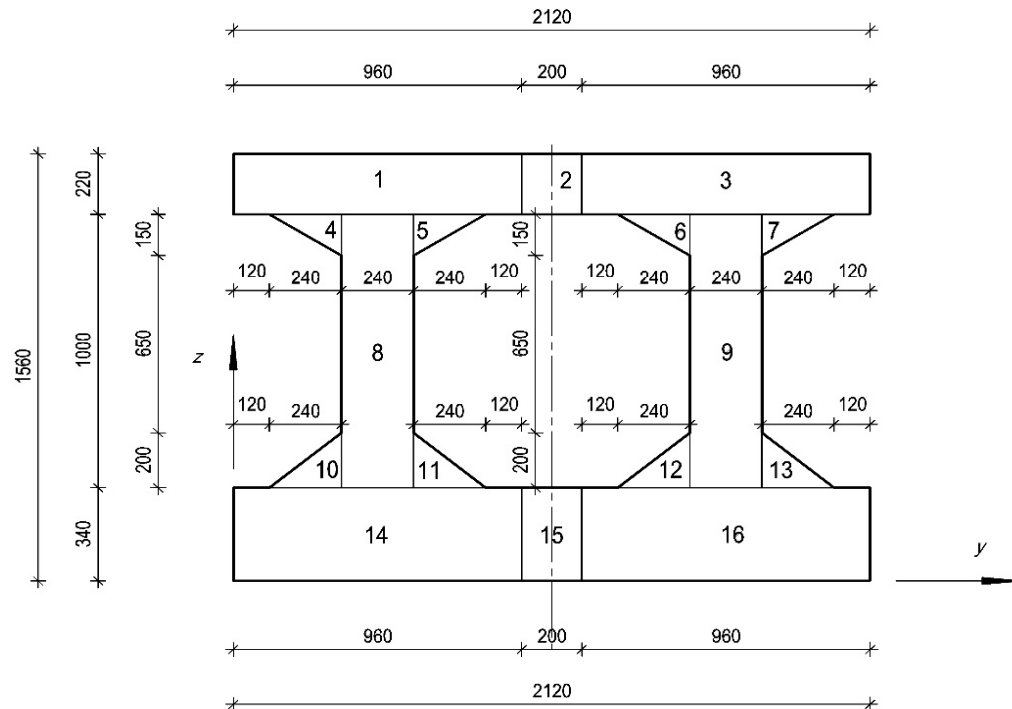
i	Tvar	n_i [ks]	a_e [-]	b_i [m]	h_i [m]	$y_{T,i}$ [m]	$a_{e \cdot n_i \cdot A_i}$ [m ²]	$a_{e \cdot y_{T,i} \cdot n_i \cdot A_i}$ [m ³]	$a_{e \cdot n_i \cdot I_{0i}}$ [m ⁴]	e_i [m]	$a_{e \cdot n_i \cdot A_i \cdot e_i^2}$ [m ⁴]	$a_{e \cdot I_i}$ [m ⁴]	y_T [m]
1	□	1	1,000	0,220	0,960	0,480	0,21120	0,10138	0,01622	-0,580	0,07105	0,08727	1,060
2	□	1	1,000	0,220	0,200	1,060	0,04400	0,04664	0,00015	0,000	0,00000	0,00015	1,060
3	□	1	1,000	0,220	0,960	1,640	0,21120	0,34637	0,01622	0,580	0,07105	0,08727	1,060
4	Δ	1	1,000	0,150	0,240	0,280	0,01800	0,00504	0,00006	-0,780	0,01095	0,01101	1,060
5	Δ	1	1,000	0,150	0,240	0,680	0,01800	0,01224	0,00006	-0,380	0,00260	0,00266	1,060
6	Δ	1	1,000	0,150	0,240	1,440	0,01800	0,02592	0,00006	0,380	0,00260	0,00266	1,060
7	Δ	1	1,000	0,150	0,240	1,840	0,01800	0,03312	0,00006	0,780	0,01095	0,01101	1,060
8	□	1	1,000	1,000	0,240	0,480	0,24000	0,11520	0,00115	-0,580	0,08074	0,08189	1,060
9	□	1	1,000	1,000	0,240	1,640	0,24000	0,39360	0,00115	0,580	0,08074	0,08189	1,060
10	Δ	1	1,000	0,200	0,240	0,280	0,02400	0,00672	0,00008	-0,780	0,01460	0,01468	1,060
11	Δ	1	1,000	0,200	0,240	0,680	0,02400	0,01632	0,00008	-0,380	0,00347	0,00354	1,060
12	Δ	1	1,000	0,200	0,240	1,440	0,02400	0,03456	0,00008	0,380	0,00347	0,00354	1,060
13	Δ	1	1,000	0,200	0,240	1,840	0,02400	0,04416	0,00008	0,780	0,01460	0,01468	1,060
14	□	1	1,000	0,340	0,960	0,480	0,32640	0,15667	0,02507	-0,580	0,10980	0,13487	1,060
15	□	1	1,000	0,340	0,200	1,060	0,06800	0,07208	0,00023	0,000	0,00000	0,00023	1,060
16	□	1	1,000	0,340	0,960	1,640	0,32640	0,53530	0,02507	0,580	0,10980	0,13487	1,060
17	Δ	-1	1,000	0,185	0,100	0,287	-0,00925	-0,00265	-0,00001	-0,773	-0,00553	-0,00554	1,060
18	Δ	-1	1,000	0,185	0,100	0,673	-0,00925	-0,00623	-0,00001	-0,387	-0,00138	-0,00139	1,060
19	Δ	-1	1,000	0,185	0,100	1,447	-0,00925	-0,01338	-0,00001	0,387	-0,00138	-0,00139	1,060
20	Δ	-1	1,000	0,185	0,100	1,833	-0,00925	-0,01696	-0,00001	0,773	-0,00553	-0,00554	1,060
21	□	-1	1,000	0,185	0,320	0,480	-0,05920	-0,02842	-0,00051	-0,580	-0,01991	-0,02042	1,060
22	□	-1	1,000	0,185	0,320	1,640	-0,05920	-0,09709	-0,00051	0,580	-0,01991	-0,02042	1,060
S							1,67980	1,78059	S				0,61750

Šířka průřezu:	$b =$	2,120	m	Průřezový modul - levá vlákna:	$W^l =$	$W^{ext} =$	$\frac{0,61750}{1,060}$	$=$	0,58255	m^3
Plocha:	$A =$	1,67980	m^2	Průřezový modul - pravá vlákna:	$W^p =$	$W^{int} =$	$\frac{-0,61750}{1,060}$	$=$	-0,58255	m^3
Moment setrvačnosti:	$I_z =$	0,61750	m^4							
Poloha těžiště:	$y_T =$	1,060	m							

2.2.6.3. Bez oslabení - svislý směr

i	Tvar	n_i [ks]	a_e [-]	b_i [m]	h_i [m]	$z_{T,i}$ [m]	$a_{e \cdot n_i \cdot A_i}$ [m ²]	$a_{e \cdot z_{T,i} \cdot n_i \cdot A_i}$ [m ³]	$a_{e \cdot n_i \cdot I_{0i}}$ [m ⁴]	e_i [m]	$a_{e \cdot n_i \cdot A_i \cdot e_i^2}$ [m ⁴]	$a_{e \cdot I_i}$ [m ⁴]	z_T [m]	
1	□	1	1,000	0,960	0,220	1,450	0,21120	0,30624	0,00085	0,723	0,11044	0,11129	0,727	
2	□	1	1,000	0,200	0,220	1,450	0,04400	0,06380	0,00018	0,723	0,02301	0,02319	0,727	
3	□	1	1,000	0,960	0,220	1,450	0,21120	0,30624	0,00085	0,723	0,11044	0,11129	0,727	
4	Δ	1	1,000	0,240	0,150	1,290	0,01800	0,02322	0,00002	0,563	0,00571	0,00573	0,727	
5	Δ	1	1,000	0,240	0,150	1,290	0,01800	0,02322	0,00002	0,563	0,00571	0,00573	0,727	
6	Δ	1	1,000	0,240	0,150	1,290	0,01800	0,02322	0,00002	0,563	0,00571	0,00573	0,727	
7	Δ	1	1,000	0,240	0,150	1,290	0,01800	0,02322	0,00002	0,563	0,00571	0,00573	0,727	
8	□	1	1,000	0,240	1,000	0,840	0,24000	0,20160	0,02000	0,113	0,00307	0,02307	0,727	
9	□	1	1,000	0,240	1,000	0,840	0,24000	0,20160	0,02000	0,113	0,00307	0,02307	0,727	
10	Δ	1	1,000	0,240	0,200	0,407	0,02400	0,00976	0,00005	-0,320	0,00246	0,00251	0,727	
11	Δ	1	1,000	0,240	0,200	0,407	0,02400	0,00976	0,00005	-0,320	0,00246	0,00251	0,727	
12	Δ	1	1,000	0,240	0,200	0,407	0,02400	0,00976	0,00005	-0,320	0,00246	0,00251	0,727	
13	Δ	1	1,000	0,240	0,200	0,407	0,02400	0,00976	0,00005	-0,320	0,00246	0,00251	0,727	
14	□	1	1,000	0,960	0,340	0,170	0,32640	0,05549	0,00314	-0,557	0,10121	0,10436	0,727	
15	□	1	1,000	0,200	0,340	0,170	0,06800	0,01156	0,00066	-0,557	0,02109	0,02174	0,727	
16	□	1	1,000	0,960	0,340	0,170	0,32640	0,05549	0,00314	-0,557	0,10121	0,10436	0,727	
17	Δ	0	1,000	0,100	0,185	1,498	0,00000	0,00000	0,00000	0,771	0,00000	0,00000	0,727	
18	Δ	0	1,000	0,100	0,185	1,498	0,00000	0,00000	0,00000	0,771	0,00000	0,00000	0,727	
19	Δ	0	1,000	0,100	0,185	1,498	0,00000	0,00000	0,00000	0,771	0,00000	0,00000	0,727	
20	Δ	0	1,000	0,100	0,185	1,498	0,00000	0,00000	0,00000	0,771	0,00000	0,00000	0,727	
21	□	0	1,000	0,320	0,185	1,468	0,00000	0,00000	0,00000	0,741	0,00000	0,00000	0,727	
22	□	0	1,000	0,320	0,185	1,468	0,00000	0,00000	0,00000	0,741	0,00000	0,00000	0,727	
S							1,83520	1,33394	S				0,55536	

6,880



Výška průřezu: $h = 1,560 \text{ m}$

Plocha: $A = 1,83520 \text{ m}^2$

Moment setrvačnosti: $I_y = 0,55536 \text{ m}^4$

Výška těžiště: $z_T = 0,727 \text{ m}$

Průřezový modul - horní vlákna: $W^h = \frac{0,55536}{0,833} = 0,66659 \text{ m}^3$

Průřezový modul - dolní vlákna: $W^d = \frac{0,55536}{0,727} = 0,76405 \text{ m}^3$

Obvod vystavený prostředí (vnější+vnitřní): $u = 13,103 \text{ m}$

Náhradní tloušťka:

$$h_0 = \frac{2 \cdot 1,83520}{13,103} = 0,280 \text{ m} = 280 \text{ mm}$$

2.2.6.4. Bez oslabení - vodorovný směr

i	Tvar	n_i [ks]	a_e [-]	b_i [m]	h_i [m]	$y_{T,i}$ [m]	$a_{e \cdot n_i \cdot A_i}$ [m ²]	$a_{e \cdot y_{T,i} \cdot n_i \cdot A_i}$ [m ³]	$a_{e \cdot n_i \cdot I_{0i}}$ [m ⁴]	e_i [m]	$a_{e \cdot n_i \cdot A_i \cdot e_i^2}$ [m ⁴]	$a_{e \cdot I_i}$ [m ⁴]	y_T [m]
1	□	1	1,000	0,220	0,960	0,480	0,21120	0,10138	0,01622	-0,580	0,07105	0,08727	1,060
2	□	1	1,000	0,220	0,200	1,060	0,04400	0,04664	0,00015	0,000	0,00000	0,00015	1,060
3	□	1	1,000	0,220	0,960	1,640	0,21120	0,34637	0,01622	0,580	0,07105	0,08727	1,060
4	Δ	1	1,000	0,150	0,240	0,280	0,01800	0,00504	0,00006	-0,780	0,01095	0,01101	1,060
5	Δ	1	1,000	0,150	0,240	0,680	0,01800	0,01224	0,00006	-0,380	0,00260	0,00266	1,060
6	Δ	1	1,000	0,150	0,240	1,440	0,01800	0,02592	0,00006	0,380	0,00260	0,00266	1,060
7	Δ	1	1,000	0,150	0,240	1,840	0,01800	0,03312	0,00006	0,780	0,01095	0,01101	1,060
8	□	1	1,000	1,000	0,240	0,480	0,24000	0,11520	0,00115	-0,580	0,08074	0,08189	1,060
9	□	1	1,000	1,000	0,240	1,640	0,24000	0,39360	0,00115	0,580	0,08074	0,08189	1,060
10	Δ	1	1,000	0,200	0,240	0,280	0,02400	0,00672	0,00008	-0,780	0,01460	0,01468	1,060
11	Δ	1	1,000	0,200	0,240	0,680	0,02400	0,01632	0,00008	-0,380	0,00347	0,00354	1,060
12	Δ	1	1,000	0,200	0,240	1,440	0,02400	0,03456	0,00008	0,380	0,00347	0,00354	1,060
13	Δ	1	1,000	0,200	0,240	1,840	0,02400	0,04416	0,00008	0,780	0,01460	0,01468	1,060
14	□	1	1,000	0,340	0,960	0,480	0,32640	0,15667	0,02507	-0,580	0,10980	0,13487	1,060
15	□	1	1,000	0,340	0,200	1,060	0,06800	0,07208	0,00023	0,000	0,00000	0,00023	1,060
16	□	1	1,000	0,340	0,960	1,640	0,32640	0,53530	0,02507	0,580	0,10980	0,13487	1,060
17	Δ	0	1,000	0,185	0,100	0,287	0,00000	0,00000	0,00000	-0,773	0,00000	0,00000	1,060
18	Δ	0	1,000	0,185	0,100	0,673	0,00000	0,00000	0,00000	-0,387	0,00000	0,00000	1,060
19	Δ	0	1,000	0,185	0,100	1,447	0,00000	0,00000	0,00000	0,387	0,00000	0,00000	1,060
20	Δ	0	1,000	0,185	0,100	1,833	0,00000	0,00000	0,00000	0,773	0,00000	0,00000	1,060
21	□	0	1,000	0,185	0,320	0,480	0,00000	0,00000	0,00000	-0,580	0,00000	0,00000	1,060
22	□	0	1,000	0,185	0,320	1,640	0,00000	0,00000	0,00000	0,580	0,00000	0,00000	1,060
S							1,83520	1,94531	S				0,67219

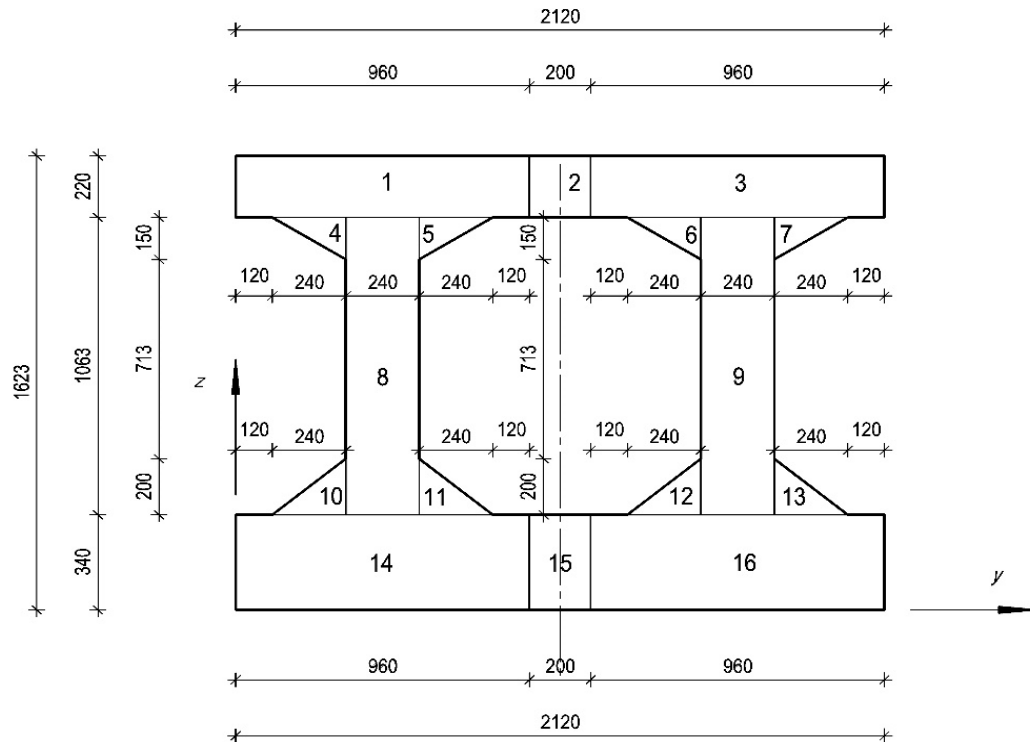
Šířka průřezu:	$b =$	2,120	m	Průřezový modul - levá vlákna:	$W^l =$	$W^{\text{ext}} =$	$\frac{0,67219}{1,060}$	$=$	0,63415	m^3
Plocha:	$A =$	1,83520	m^2	Průřezový modul - pravá vlákna:	$W^p =$	$W^{\text{int}} =$	$\frac{-0,67219}{1,060}$	$=$	-0,63415	m^3
Moment setrvačnosti:	$I_z =$	0,67219	m^4							
Poloha těžiště:	$y_T =$	1,060	m							

2.2.7. PRŮŘEZ 9,970

2.2.7.1. Svislý směr

i	Tvar	n_i [ks]	a_e [-]	b_i [m]	h_i [m]	$z_{T,i}$ [m]	$a_e \cdot n_i \cdot A_i$ [m ²]	$a_e \cdot z_{T,i} \cdot n_i \cdot A_i$ [m ³]	$a_e \cdot n_i \cdot I_{0i}$ [m ⁴]	e_i [m]	$a_e \cdot n_i \cdot A_i e_i^2$ [m ⁴]	$a_e \cdot I_i$ [m ⁴]	z_T [m]	
1	□	1	1,000	0,960	0,220	1,513	0,21120	0,31955	0,00085	0,758	0,12119	0,12204	0,755	
2	□	1	1,000	0,200	0,220	1,513	0,04400	0,06657	0,00018	0,758	0,02525	0,02543	0,755	
3	□	1	1,000	0,960	0,220	1,513	0,21120	0,31955	0,00085	0,758	0,12119	0,12204	0,755	
4	Δ	1	1,000	0,240	0,150	1,353	0,01800	0,02435	0,00002	0,598	0,00643	0,00645	0,755	
5	Δ	1	1,000	0,240	0,150	1,353	0,01800	0,02435	0,00002	0,598	0,00643	0,00645	0,755	
6	Δ	1	1,000	0,240	0,150	1,353	0,01800	0,02435	0,00002	0,598	0,00643	0,00645	0,755	
7	Δ	1	1,000	0,240	0,150	1,353	0,01800	0,02435	0,00002	0,598	0,00643	0,00645	0,755	
8	□	1	1,000	0,240	1,063	0,872	0,25512	0,22234	0,02402	0,116	0,00343	0,02746	0,755	
9	□	1	1,000	0,240	1,063	0,872	0,25512	0,22234	0,02402	0,116	0,00343	0,02746	0,755	
10	Δ	1	1,000	0,240	0,200	0,407	0,02400	0,00976	0,00005	-0,349	0,00292	0,00297	0,755	
11	Δ	1	1,000	0,240	0,200	0,407	0,02400	0,00976	0,00005	-0,349	0,00292	0,00297	0,755	
12	Δ	1	1,000	0,240	0,200	0,407	0,02400	0,00976	0,00005	-0,349	0,00292	0,00297	0,755	
13	Δ	1	1,000	0,240	0,200	0,407	0,02400	0,00976	0,00005	-0,349	0,00292	0,00297	0,755	
14	□	1	1,000	0,960	0,340	0,170	0,32640	0,05549	0,00314	-0,585	0,11189	0,11504	0,755	
15	□	1	1,000	0,200	0,340	0,170	0,06800	0,01156	0,00066	-0,585	0,02331	0,02397	0,755	
16	□	1	1,000	0,960	0,340	0,170	0,32640	0,05549	0,00314	-0,585	0,11189	0,11504	0,755	
17	Δ	0	1,000	0,100	0,185	1,561	0,00000	0,00000	0,00000	0,806	0,00000	0,00000	0,755	
18	Δ	0	1,000	0,100	0,185	1,561	0,00000	0,00000	0,00000	0,806	0,00000	0,00000	0,755	
19	Δ	0	1,000	0,100	0,185	1,561	0,00000	0,00000	0,00000	0,806	0,00000	0,00000	0,755	
20	Δ	0	1,000	0,100	0,185	1,561	0,00000	0,00000	0,00000	0,806	0,00000	0,00000	0,755	
21	□	0	1,000	0,320	0,185	1,531	0,00000	0,00000	0,00000	0,775	0,00000	0,00000	0,755	
22	□	0	1,000	0,320	0,185	1,531	0,00000	0,00000	0,00000	0,775	0,00000	0,00000	0,755	
S							1,86544	1,40933	S					0,61615

9,970



Výška průřezu: $h = 1,623 \text{ m}$

Plocha: $A = 1,86544 \text{ m}^2$

Moment setrvačnosti: $I_y = 0,61615 \text{ m}^4$

Výška těžiště: $z_T = 0,755 \text{ m}$

Průřezový modul - horní vlákna: $W^h = \frac{0,61615}{0,868} = 0,71025 \text{ m}^3$

Průřezový modul - dolní vlákna: $W^d = \frac{0,61615}{0,755} = 0,81556 \text{ m}^3$

Obvod vystavený prostředí (vnější+vnitřní): $u = 13,355 \text{ m}$

Náhradní tloušťka:

$$h_0 = \frac{2 \cdot 1,86544}{13,355} = 0,279 \text{ m} = 279 \text{ mm}$$

2.2.7.2. Vodorovný směr

i	Tvar	n_i [ks]	a_e [-]	b_i [m]	h_i [m]	$y_{T,i}$ [m]	a_{e,n_i,A_i} [m ²]	$a_{e,y_{T,i},n_i,A_i}$ [m ³]	$a_{e,n_i,I_{0i}}$ [m ⁴]	e_i [m]	$a_{e,n_i,A_i}e_i^2$ [m ⁴]	a_{e,I_i} [m ⁴]	y_T [m]
1	□	1	1,000	0,220	0,960	0,480	0,21120	0,10138	0,01622	-0,580	0,07105	0,08727	1,060
2	□	1	1,000	0,220	0,200	1,060	0,04400	0,04664	0,00015	0,000	0,00000	0,00015	1,060
3	□	1	1,000	0,220	0,960	1,640	0,21120	0,34637	0,01622	0,580	0,07105	0,08727	1,060
4	Δ	1	1,000	0,150	0,240	0,280	0,01800	0,00504	0,00006	-0,780	0,01095	0,01101	1,060
5	Δ	1	1,000	0,150	0,240	0,680	0,01800	0,01224	0,00006	-0,380	0,00260	0,00266	1,060
6	Δ	1	1,000	0,150	0,240	1,440	0,01800	0,02592	0,00006	0,380	0,00260	0,00266	1,060
7	Δ	1	1,000	0,150	0,240	1,840	0,01800	0,03312	0,00006	0,780	0,01095	0,01101	1,060
8	□	1	1,000	1,063	0,240	0,480	0,25512	0,12246	0,00122	-0,580	0,08582	0,08705	1,060
9	□	1	1,000	1,063	0,240	1,640	0,25512	0,41840	0,00122	0,580	0,08582	0,08705	1,060
10	Δ	1	1,000	0,200	0,240	0,280	0,02400	0,00672	0,00008	-0,780	0,01460	0,01468	1,060
11	Δ	1	1,000	0,200	0,240	0,680	0,02400	0,01632	0,00008	-0,380	0,00347	0,00354	1,060
12	Δ	1	1,000	0,200	0,240	1,440	0,02400	0,03456	0,00008	0,380	0,00347	0,00354	1,060
13	Δ	1	1,000	0,200	0,240	1,840	0,02400	0,04416	0,00008	0,780	0,01460	0,01468	1,060
14	□	1	1,000	0,340	0,960	0,480	0,32640	0,15667	0,02507	-0,580	0,10980	0,13487	1,060
15	□	1	1,000	0,340	0,200	1,060	0,06800	0,07208	0,00023	0,000	0,00000	0,00023	1,060
16	□	1	1,000	0,340	0,960	1,640	0,32640	0,53530	0,02507	0,580	0,10980	0,13487	1,060
17	Δ	0	1,000	0,185	0,100	0,287	0,00000	0,00000	0,00000	-0,773	0,00000	0,00000	1,060
18	Δ	0	1,000	0,185	0,100	0,673	0,00000	0,00000	0,00000	-0,387	0,00000	0,00000	1,060
19	Δ	0	1,000	0,185	0,100	1,447	0,00000	0,00000	0,00000	0,387	0,00000	0,00000	1,060
20	Δ	0	1,000	0,185	0,100	1,833	0,00000	0,00000	0,00000	0,773	0,00000	0,00000	1,060
21	□	0	1,000	0,185	0,320	0,480	0,00000	0,00000	0,00000	-0,580	0,00000	0,00000	1,060
22	□	0	1,000	0,185	0,320	1,640	0,00000	0,00000	0,00000	0,580	0,00000	0,00000	1,060
S							1,86544	1,97737	S				0,68251

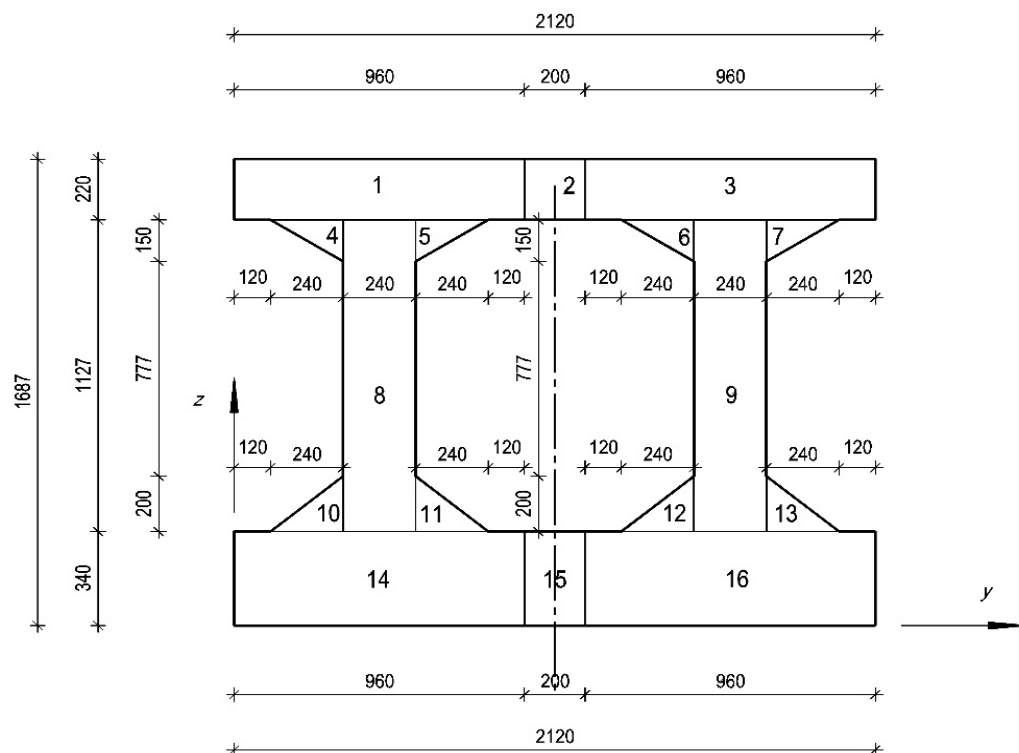
Šířka průřezu:	$b =$	2,120	m	Průřezový modul - levá vlákna:	$W^l =$	$W^{\text{ext}} =$	$\frac{0,68251}{1,060}$	$=$	0,64388
									m^3
Plocha:	$A =$	1,86544	m^2	Průřezový modul - pravá vlákna:	$W^p =$	$W^{\text{int}} =$	$\frac{-0,68251}{1,060}$	$=$	-0,64388
									m^3
Moment setrvačnosti:	$I_z =$	0,68251	m^4						
Poloha těžiště:	$y_T =$	1,060	m						

2.2.8. PRŮŘEZ 13,060

2.2.8.1. Svislý směr

i	Tvar	n_i [ks]	a_e [-]	b_i [m]	h_i [m]	$z_{T,i}$ [m]	$a_{e \cdot n_i \cdot A_i}$ [m ²]	$a_{e \cdot z_{T,i} \cdot n_i \cdot A_i}$ [m ³]	$a_{e \cdot n_i \cdot I_{0i}}$ [m ⁴]	e_i [m]	$a_{e \cdot n_i \cdot A_i e_i^2}$ [m ⁴]	$a_{e \cdot I_i}$ [m ⁴]	z_T [m]
1	□	1	1,000	0,960	0,220	1,577	0,21120	0,33306	0,00085	0,792	0,13259	0,13344	0,785
2	□	1	1,000	0,200	0,220	1,577	0,04400	0,06939	0,00018	0,792	0,02762	0,02780	0,785
3	□	1	1,000	0,960	0,220	1,577	0,21120	0,33306	0,00085	0,792	0,13259	0,13344	0,785
4	Δ	1	1,000	0,240	0,150	1,417	0,01800	0,02551	0,00002	0,632	0,00720	0,00722	0,785
5	Δ	1	1,000	0,240	0,150	1,417	0,01800	0,02551	0,00002	0,632	0,00720	0,00722	0,785
6	Δ	1	1,000	0,240	0,150	1,417	0,01800	0,02551	0,00002	0,632	0,00720	0,00722	0,785
7	Δ	1	1,000	0,240	0,150	1,417	0,01800	0,02551	0,00002	0,632	0,00720	0,00722	0,785
8	□	1	1,000	0,240	1,127	0,904	0,27048	0,24438	0,02863	0,119	0,00382	0,03245	0,785
9	□	1	1,000	0,240	1,127	0,904	0,27048	0,24438	0,02863	0,119	0,00382	0,03245	0,785
10	Δ	1	1,000	0,240	0,200	0,407	0,02400	0,00976	0,00005	-0,378	0,00343	0,00348	0,785
11	Δ	1	1,000	0,240	0,200	0,407	0,02400	0,00976	0,00005	-0,378	0,00343	0,00348	0,785
12	Δ	1	1,000	0,240	0,200	0,407	0,02400	0,00976	0,00005	-0,378	0,00343	0,00348	0,785
13	Δ	1	1,000	0,240	0,200	0,407	0,02400	0,00976	0,00005	-0,378	0,00343	0,00348	0,785
14	□	1	1,000	0,960	0,340	0,170	0,32640	0,05549	0,00314	-0,615	0,12332	0,12647	0,785
15	□	1	1,000	0,200	0,340	0,170	0,06800	0,01156	0,00066	-0,615	0,02569	0,02635	0,785
16	□	1	1,000	0,960	0,340	0,170	0,32640	0,05549	0,00314	-0,615	0,12332	0,12647	0,785
17	Δ	0	1,000	0,100	0,185	1,625	0,00000	0,00000	0,00000	0,841	0,00000	0,00000	0,785
18	Δ	0	1,000	0,100	0,185	1,625	0,00000	0,00000	0,00000	0,841	0,00000	0,00000	0,785
19	Δ	0	1,000	0,100	0,185	1,625	0,00000	0,00000	0,00000	0,841	0,00000	0,00000	0,785
20	Δ	0	1,000	0,100	0,185	1,625	0,00000	0,00000	0,00000	0,841	0,00000	0,00000	0,785
21	□	0	1,000	0,320	0,185	1,595	0,00000	0,00000	0,00000	0,810	0,00000	0,00000	0,785
22	□	0	1,000	0,320	0,185	1,595	0,00000	0,00000	0,00000	0,810	0,00000	0,00000	0,785
S							1,89616	1,48787	S			0,68166	

13,060



Výška průřezu: $h = 1,687 \text{ m}$

Plocha: $A = 1,89616 \text{ m}^2$

Moment setrvačnosti: $I_y = 0,68166 \text{ m}^4$

Výška těžiště: $z_T = 0,785 \text{ m}$

Průřezový modul - horní vlákna: $W^h = \frac{0,68166}{0,902} = 0,75545 \text{ m}^3$

Průřezový modul - dolní vlákna: $W^d = \frac{0,68166}{0,785} = 0,86872 \text{ m}^3$

Obvod vystavený prostředí (vnější+vnitřní): $u = 13,611 \text{ m}$

Náhradní tloušťka:

$$h_0 = \frac{2 \cdot 1,89616}{13,611} = 0,279 \text{ m} = 279 \text{ mm}$$

2.2.8.2. Vodorovný směr

i	Tvar	n_i [ks]	a_e [-]	b_i [m]	h_i [m]	$y_{T,i}$ [m]	a_{e,n_i,A_i} [m ²]	$a_{e,y_{T,i},n_i,A_i}$ [m ³]	$a_{e,n_i,I_{0i}}$ [m ⁴]	e_i [m]	$a_{e,n_i,A_i}e_i^2$ [m ⁴]	a_{e,I_i} [m ⁴]	y_T [m]
1	□	1	1,000	0,220	0,960	0,480	0,21120	0,10138	0,01622	-0,580	0,07105	0,08727	1,060
2	□	1	1,000	0,220	0,200	1,060	0,04400	0,04664	0,00015	0,000	0,00000	0,00015	1,060
3	□	1	1,000	0,220	0,960	1,640	0,21120	0,34637	0,01622	0,580	0,07105	0,08727	1,060
4	Δ	1	1,000	0,150	0,240	0,280	0,01800	0,00504	0,00006	-0,780	0,01095	0,01101	1,060
5	Δ	1	1,000	0,150	0,240	0,680	0,01800	0,01224	0,00006	-0,380	0,00260	0,00266	1,060
6	Δ	1	1,000	0,150	0,240	1,440	0,01800	0,02592	0,00006	0,380	0,00260	0,00266	1,060
7	Δ	1	1,000	0,150	0,240	1,840	0,01800	0,03312	0,00006	0,780	0,01095	0,01101	1,060
8	□	1	1,000	1,127	0,240	0,480	0,27048	0,12983	0,00130	-0,580	0,09099	0,09229	1,060
9	□	1	1,000	1,127	0,240	1,640	0,27048	0,44359	0,00130	0,580	0,09099	0,09229	1,060
10	Δ	1	1,000	0,200	0,240	0,280	0,02400	0,00672	0,00008	-0,780	0,01460	0,01468	1,060
11	Δ	1	1,000	0,200	0,240	0,680	0,02400	0,01632	0,00008	-0,380	0,00347	0,00354	1,060
12	Δ	1	1,000	0,200	0,240	1,440	0,02400	0,03456	0,00008	0,380	0,00347	0,00354	1,060
13	Δ	1	1,000	0,200	0,240	1,840	0,02400	0,04416	0,00008	0,780	0,01460	0,01468	1,060
14	□	1	1,000	0,340	0,960	0,480	0,32640	0,15667	0,02507	-0,580	0,10980	0,13487	1,060
15	□	1	1,000	0,340	0,200	1,060	0,06800	0,07208	0,00023	0,000	0,00000	0,00023	1,060
16	□	1	1,000	0,340	0,960	1,640	0,32640	0,53530	0,02507	0,580	0,10980	0,13487	1,060
17	Δ	0	1,000	0,185	0,100	0,287	0,00000	0,00000	0,00000	-0,773	0,00000	0,00000	1,060
18	Δ	0	1,000	0,185	0,100	0,673	0,00000	0,00000	0,00000	-0,387	0,00000	0,00000	1,060
19	Δ	0	1,000	0,185	0,100	1,447	0,00000	0,00000	0,00000	0,387	0,00000	0,00000	1,060
20	Δ	0	1,000	0,185	0,100	1,833	0,00000	0,00000	0,00000	0,773	0,00000	0,00000	1,060
21	□	0	1,000	0,185	0,320	0,480	0,00000	0,00000	0,00000	-0,580	0,00000	0,00000	1,060
22	□	0	1,000	0,185	0,320	1,640	0,00000	0,00000	0,00000	0,580	0,00000	0,00000	1,060
S							1,89616	2,00993	S				
									0,69299				

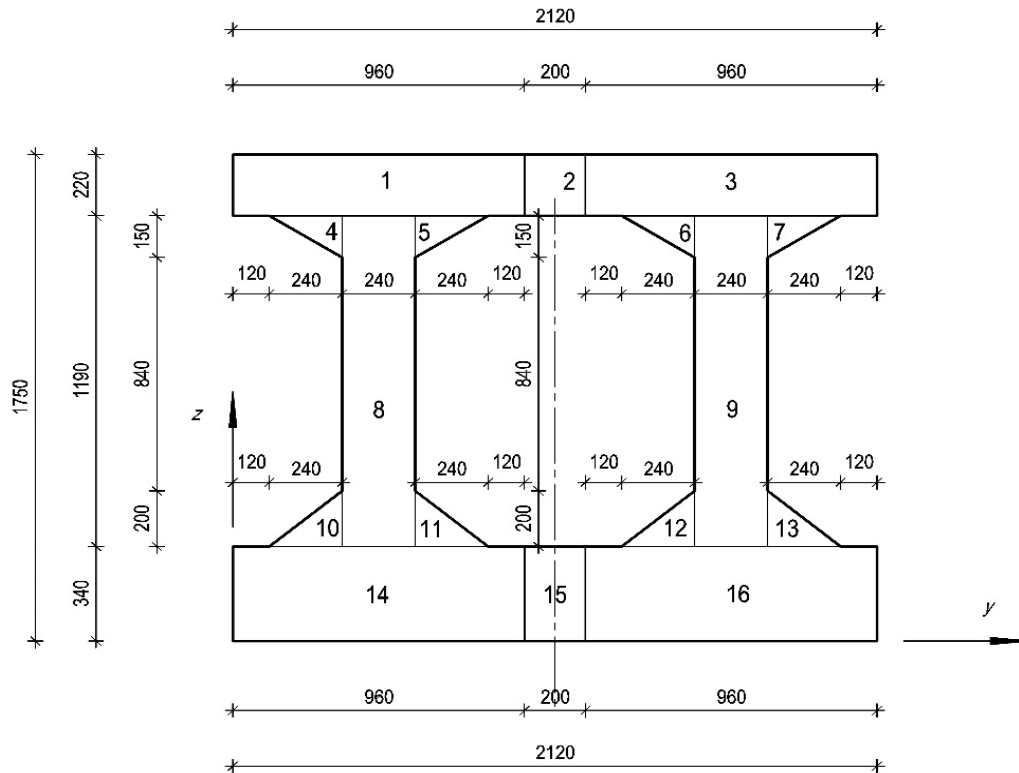
Šířka průřezu:	$b =$	2,120	m	Průřezový modul - levá vlákna:	$W^l =$	$W^{\text{ext}} =$	$\frac{0,69299}{1,060}$	$=$	0,65377
Plocha:	$A =$	1,89616	m^2	Průřezový modul - pravá vlákna:	$W^p =$	$W^{\text{int}} =$	$\frac{-0,69299}{1,060}$	$=$	-0,65377
Moment setrvačnosti:	$I_z =$	0,69299	m^4						
Poloha těžiště:	$y_T =$	1,060	m						

2.2.9. PRŮŘEZ 16,150

2.2.9.1. Svislý směr

i	Tvar	n_i [ks]	a_e [-]	b_i [m]	h_i [m]	$z_{T,i}$ [m]	$a_e \cdot n_i \cdot A_i$ [m ²]	$a_e \cdot z_{T,i} \cdot n_i \cdot A_i$ [m ³]	$a_e \cdot n_i \cdot I_{0i}$ [m ⁴]	e_i [m]	$a_e \cdot n_i \cdot A_i e_i^2$ [m ⁴]	$a_e \cdot I_i$ [m ⁴]	z_T [m]
1	□	1	1,000	0,960	0,220	1,640	0,21120	0,34637	0,00085	0,827	0,14428	0,14513	0,813
2	□	1	1,000	0,200	0,220	1,640	0,04400	0,07216	0,00018	0,827	0,03006	0,03023	0,813
3	□	1	1,000	0,960	0,220	1,640	0,21120	0,34637	0,00085	0,827	0,14428	0,14513	0,813
4	Δ	1	1,000	0,240	0,150	1,480	0,01800	0,02664	0,00002	0,667	0,00800	0,00802	0,813
5	Δ	1	1,000	0,240	0,150	1,480	0,01800	0,02664	0,00002	0,667	0,00800	0,00802	0,813
6	Δ	1	1,000	0,240	0,150	1,480	0,01800	0,02664	0,00002	0,667	0,00800	0,00802	0,813
7	Δ	1	1,000	0,240	0,150	1,480	0,01800	0,02664	0,00002	0,667	0,00800	0,00802	0,813
8	□	1	1,000	0,240	1,190	0,935	0,28560	0,26704	0,03370	0,122	0,00422	0,03792	0,813
9	□	1	1,000	0,240	1,190	0,935	0,28560	0,26704	0,03370	0,122	0,00422	0,03792	0,813
10	Δ	1	1,000	0,240	0,200	0,407	0,02400	0,00976	0,00005	-0,407	0,00397	0,00403	0,813
11	Δ	1	1,000	0,240	0,200	0,407	0,02400	0,00976	0,00005	-0,407	0,00397	0,00403	0,813
12	Δ	1	1,000	0,240	0,200	0,407	0,02400	0,00976	0,00005	-0,407	0,00397	0,00403	0,813
13	Δ	1	1,000	0,240	0,200	0,407	0,02400	0,00976	0,00005	-0,407	0,00397	0,00403	0,813
14	□	1	1,000	0,960	0,340	0,170	0,32640	0,05549	0,00314	-0,643	0,13515	0,13830	0,813
15	□	1	1,000	0,200	0,340	0,170	0,06800	0,01156	0,00066	-0,643	0,02816	0,02881	0,813
16	□	1	1,000	0,960	0,340	0,170	0,32640	0,05549	0,00314	-0,643	0,13515	0,13830	0,813
17	Δ	0	1,000	0,100	0,185	1,688	0,00000	0,00000	0,00000	0,875	0,00000	0,00000	0,813
18	Δ	0	1,000	0,100	0,185	1,688	0,00000	0,00000	0,00000	0,875	0,00000	0,00000	0,813
19	Δ	0	1,000	0,100	0,185	1,688	0,00000	0,00000	0,00000	0,875	0,00000	0,00000	0,813
20	Δ	0	1,000	0,100	0,185	1,688	0,00000	0,00000	0,00000	0,875	0,00000	0,00000	0,813
21	□	0	1,000	0,320	0,185	1,658	0,00000	0,00000	0,00000	0,844	0,00000	0,00000	0,813
22	□	0	1,000	0,320	0,185	1,658	0,00000	0,00000	0,00000	0,844	0,00000	0,00000	0,813
S							1,92640	1,56710	S			0,74992	

16,150



Výška průřezu: $h = 1,750 \text{ m}$

Plocha: $A = 1,92640 \text{ m}^2$

Moment setrvačnosti: $I_y = 0,74992 \text{ m}^4$

Výška těžiště: $z_T = 0,813 \text{ m}$

Průřezový modul - horní vlákna: $W^h = \frac{0,74992}{0,937} = 0,80076 \text{ m}^3$

Průřezový modul - dolní vlákna: $W^d = \frac{0,74992}{0,813} = 0,92185 \text{ m}^3$

Obvod vystavený prostředí (vnější+vnitřní): $u = 13,863 \text{ m}$

Náhradní tloušťka:

$$h_0 = \frac{2 \cdot 1,92640}{13,863} = 0,278 \text{ m} = 278 \text{ mm}$$

2.2.9.2. Vodorovný směr

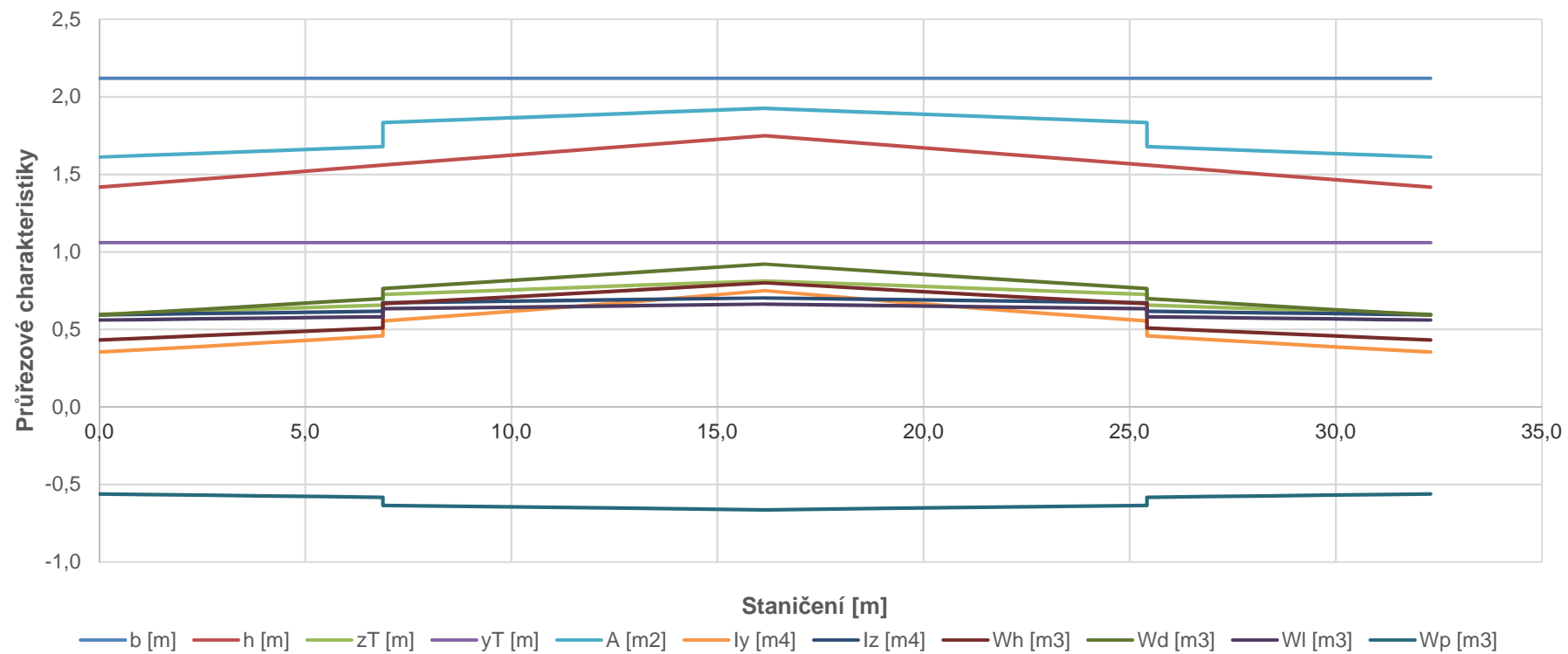
i	Tvar	n_i [ks]	a_e [-]	b_i [m]	h_i [m]	$y_{T,i}$ [m]	$a_{e \cdot n_i \cdot A_i}$ [m ²]	$a_{e \cdot y_{T,i} \cdot n_i \cdot A_i}$ [m ³]	$a_{e \cdot n_i \cdot I_{0i}}$ [m ⁴]	e_i [m]	$a_{e \cdot n_i \cdot A_i \cdot e_i^2}$ [m ⁴]	$a_{e \cdot I_i}$ [m ⁴]	y_T [m]	
1	□	1	1,000	0,220	0,960	0,480	0,21120	0,10138	0,01622	-0,580	0,07105	0,08727	1,060	
2	□	1	1,000	0,220	0,200	1,060	0,04400	0,04664	0,00015	0,000	0,00000	0,00015	1,060	
3	□	1	1,000	0,220	0,960	1,640	0,21120	0,34637	0,01622	0,580	0,07105	0,08727	1,060	
4	Δ	1	1,000	0,150	0,240	0,280	0,01800	0,00504	0,00006	-0,780	0,01095	0,01101	1,060	
5	Δ	1	1,000	0,150	0,240	0,680	0,01800	0,01224	0,00006	-0,380	0,00260	0,00266	1,060	
6	Δ	1	1,000	0,150	0,240	1,440	0,01800	0,02592	0,00006	0,380	0,00260	0,00266	1,060	
7	Δ	1	1,000	0,150	0,240	1,840	0,01800	0,03312	0,00006	0,780	0,01095	0,01101	1,060	
8	□	1	1,000	1,190	0,240	0,480	0,28560	0,13709	0,00137	-0,580	0,09608	0,09745	1,060	
9	□	1	1,000	1,190	0,240	1,640	0,28560	0,46838	0,00137	0,580	0,09608	0,09745	1,060	
10	Δ	1	1,000	0,200	0,240	0,280	0,02400	0,00672	0,00008	-0,780	0,01460	0,01468	1,060	
11	Δ	1	1,000	0,200	0,240	0,680	0,02400	0,01632	0,00008	-0,380	0,00347	0,00354	1,060	
12	Δ	1	1,000	0,200	0,240	1,440	0,02400	0,03456	0,00008	0,380	0,00347	0,00354	1,060	
13	Δ	1	1,000	0,200	0,240	1,840	0,02400	0,04416	0,00008	0,780	0,01460	0,01468	1,060	
14	□	1	1,000	0,340	0,960	0,480	0,32640	0,15667	0,02507	-0,580	0,10980	0,13487	1,060	
15	□	1	1,000	0,340	0,200	1,060	0,06800	0,07208	0,00023	0,000	0,00000	0,00023	1,060	
16	□	1	1,000	0,340	0,960	1,640	0,32640	0,53530	0,02507	0,580	0,10980	0,13487	1,060	
17	Δ	0	1,000	0,185	0,100	0,287	0,00000	0,00000	0,00000	-0,773	0,00000	0,00000	1,060	
18	Δ	0	1,000	0,185	0,100	0,673	0,00000	0,00000	0,00000	-0,387	0,00000	0,00000	1,060	
19	Δ	0	1,000	0,185	0,100	1,447	0,00000	0,00000	0,00000	0,387	0,00000	0,00000	1,060	
20	Δ	0	1,000	0,185	0,100	1,833	0,00000	0,00000	0,00000	0,773	0,00000	0,00000	1,060	
21	□	0	1,000	0,185	0,320	0,480	0,00000	0,00000	0,00000	-0,580	0,00000	0,00000	1,060	
22	□	0	1,000	0,185	0,320	1,640	0,00000	0,00000	0,00000	0,580	0,00000	0,00000	1,060	
S							1,92640	2,04198	S					0,70331

Šířka průřezu:	$b =$	2,120	m	Průřezový modul - levá vlákna:	$W^l =$	$W^{\text{ext}} =$	$\frac{0,70331}{1,060}$	$=$	0,66350	m^3
Plocha:	$A =$	1,92640	m^2	Průřezový modul - pravá vlákna:	$W^p =$	$W^{\text{int}} =$	$\frac{-0,70331}{1,060}$	$=$	-0,66350	m^3
Moment setrvačnosti:	$I_z =$	0,70331	m^4							
Poloha těžiště:	$y_T =$	1,060	m							

2.2.4. PŘEHLED PRŮŘEZOVÝCH CHARAKTERISTIK

Poloha	Staničení [m]	<i>b</i> [m]	<i>h</i> [m]	<i>z</i> _T [m]	<i>y</i> _T [m]	<i>A</i> [m ²]	<i>I_y</i> [m ⁴]	<i>I_z</i> [m ⁴]	<i>Wⁿ</i> [m ³]	<i>W^d</i> [m ³]	<i>W^l</i> [m ³]	<i>W^p</i> [m ³]	<i>b_w</i> [m]	<i>h</i> ₀ [mm]	
Celo	0,000	2,120	1,418	0,598	1,060	1,61164	0,35453	0,59425	0,43239	0,59280	0,56061	-0,56061	0,480	257	
Osa uložení	1,150	2,120	1,442	0,608	1,060	1,62316	0,37122	0,59818	0,44514	0,61048	0,56432	-0,56432	0,480	257	
	1,150	2,120	1,442	0,608	1,060	1,62316	0,37122	0,59818	0,44514	0,61048	0,56432	-0,56432	0,480	257	
	2,530	2,120	1,470	0,620	1,060	1,63660	0,39126	0,60276	0,46019	0,63129	0,56865	-0,56865	0,480	257	
	2,530	2,120	1,470	0,620	1,060	1,63660	0,39126	0,60276	0,46019	0,63129	0,56865	-0,56865	0,480	257	
	3,980	2,120	1,500	0,632	1,060	1,65100	0,41343	0,60768	0,47650	0,65378	0,57328	-0,57328	0,480	257	
	3,980	2,120	1,500	0,632	1,060	1,65100	0,41343	0,60768	0,47650	0,65378	0,57328	-0,57328	0,480	257	
	5,430	2,120	1,530	0,645	1,060	1,66540	0,43632	0,61259	0,49301	0,67646	0,57792	-0,57792	0,480	257	
	5,430	2,120	1,530	0,645	1,060	1,66540	0,43632	0,61259	0,49301	0,67646	0,57792	-0,57792	0,480	257	
	6,880	2,120	1,560	0,658	1,060	1,67980	0,45994	0,61750	0,50972	0,69935	0,58255	-0,58255	0,480	256	
	6,880	2,120	1,560	0,727	1,060	1,83520	0,55536	0,67219	0,66659	0,76405	0,63415	-0,63415	0,480	280	
	9,970	2,120	1,623	0,755	1,060	1,86544	0,61615	0,68251	0,71025	0,81556	0,64388	-0,64388	0,480	279	
	9,970	2,120	1,623	0,755	1,060	1,86544	0,61615	0,68251	0,71025	0,81556	0,64388	-0,64388	0,480	279	
	13,060	2,120	1,687	0,785	1,060	1,89616	0,68166	0,69299	0,75545	0,86872	0,65377	-0,65377	0,480	279	
	13,060	2,120	1,687	0,785	1,060	1,89616	0,68166	0,69299	0,75545	0,86872	0,65377	-0,65377	0,480	279	
Střed rozpětí	16,150	2,120	1,750	0,813	1,060	1,92640	0,74992	0,70331	0,80076	0,92185	0,66350	-0,66350	0,480	278	
	16,150	2,120	1,750	0,813	1,060	1,92640	0,74992	0,70331	0,80076	0,92185	0,66350	-0,66350	0,480	278	
	19,240	2,120	1,687	0,785	1,060	1,89616	0,68166	0,69299	0,75545	0,86872	0,65377	-0,65377	0,480	279	
	19,240	2,120	1,687	0,785	1,060	1,89616	0,68166	0,69299	0,75545	0,86872	0,65377	-0,65377	0,480	279	
	22,330	2,120	1,623	0,755	1,060	1,86544	0,61615	0,68251	0,71025	0,81556	0,64388	-0,64388	0,480	279	
	22,330	2,120	1,623	0,755	1,060	1,86544	0,61615	0,68251	0,71025	0,81556	0,64388	-0,64388	0,480	279	
	25,420	2,120	1,560	0,727	1,060	1,83520	0,55536	0,67219	0,66659	0,76405	0,63415	-0,63415	0,480	280	
	25,420	2,120	1,560	0,658	1,060	1,67980	0,45994	0,61750	0,50972	0,69935	0,58255	-0,58255	0,480	256	
	26,870	2,120	1,530	0,645	1,060	1,66540	0,43632	0,61259	0,49301	0,67646	0,57792	-0,57792	0,480	257	
	26,870	2,120	1,530	0,645	1,060	1,66540	0,43632	0,61259	0,49301	0,67646	0,57792	-0,57792	0,480	257	
	28,320	2,120	1,500	0,632	1,060	1,65100	0,41343	0,60768	0,47650	0,65378	0,57328	-0,57328	0,480	257	
	28,320	2,120	1,500	0,632	1,060	1,65100	0,41343	0,60768	0,47650	0,65378	0,57328	-0,57328	0,480	257	
	29,770	2,120	1,470	0,620	1,060	1,63660	0,39126	0,60276	0,46019	0,63129	0,56865	-0,56865	0,480	257	
	29,770	2,120	1,470	0,620	1,060	1,63660	0,39126	0,60276	0,46019	0,63129	0,56865	-0,56865	0,480	257	
Osa uložení	31,150	2,120	1,442	0,608	1,060	1,62316	0,37122	0,59818	0,44514	0,61048	0,56432	-0,56432	0,480	257	
	31,150	2,120	1,442	0,608	1,060	1,62316	0,37122	0,59818	0,44514	0,61048	0,56432	-0,56432	0,480	257	
Celo	32,300	2,120	1,418	0,598	1,060	1,61164	0,35453	0,59425	0,43239	0,59280	0,56061	-0,56061	0,480	257	
Průměr			1,550	Průměr			1,73304	0,49624							265

Průřezové charakteristiky



2.3. USPOŘÁDÁNÍ PŘEDPÍNACÍ VÝZTUŽE

Pro předpětí nosné konstrukce byly použity kabely z 20 rovnoběžných drátů. V každém polonosníku je 29 kabelů značených čísly od 1 do 29; v celém komorovém nosníku je celkem 58 kabelů. Veškeré předpínací kabely jsou umístěny v prefabrikovaných nosnících, v podélných monolitických spárách žádné kabely nejsou. Veškeré kabely v konstrukci jsou trvalé, během montáže nebyly použity žádné kabely dočasné.

Průměr drátů uvažujeme podle kapitoly 6.1.

Pohled na kotevní čelo:

Příčný řez uprostřed rozpětí:

Poloha	Staničení [m]	Kabely 18, 19											
		Počet kabelů [ks]	Průměr drátu [mm]	Počet drátů v kabelu [ks]	Průměr kanálku [mm]	Plocha jednoho kabelu [mm ²]	Plocha kabelů celkem [mm ²]	Plocha kanálků celkem [mm ²]	Výška osy nad dol.vlákný [m]	Uhel tečny od vodorovné [°]	Uhel tečny od vodorovné [rad]	Vzdál.od levé kotvy po ose [m]	Uhel od levé kotvy celkem [rad]
Celo	0,000	0	4,5	0	0	0	0	0	0,000	0,00000	0,00000	0,000	
Osa uložení	1,150	0	4,5	0	0	0	0	0	0,000	0,00000	0,00000	0,000	
	1,150	0	4,5	0	0	0	0	0	0,000	0,00000	0,00000	0,000	
	2,530	0	4,5	0	0	0	0	0	0,000	0,00000	0,00000	0,000	
	2,530	0	4,5	0	0	0	0	0	0,000	0,00000	0,00000	0,000	
0	3,980	0	4,5	0	0	0	0	0	0,000	0,00000	0,00000	0,000	
	3,980	0	4,5	0	0	0	0	0	0,000	0,00000	0,00000	0,000	
	5,430	0	4,5	0	0	0	0	0	0,000	0,00000	0,00000	0,000	
	5,430	0	4,5	0	0	0	0	0	0,000	0,00000	0,00000	0,000	
0	6,880	0	4,5	0	0	0	0	0	0,000	0,00000	0,00000	0,000	
	6,880	4	4,5	20	42	317,925	1271,7	5538,96	1,463	-11,90871	-0,20785	0,000	0,00000
	9,970	4	4,5	20	42	317,925	1271,7	5538,96	0,811	-11,90871	-0,20785	3,090	0,00000
	9,970	4	4,5	20	42	317,925	1271,7	5538,96	0,811	-11,90871	-0,20785	3,090	0,00000
	13,060	4	4,5	20	42	317,925	1271,7	5538,96	0,233	-6,49110	-0,11329	6,180	0,09456
	13,060	4	4,5	20	42	317,925	1271,7	5538,96	0,233	-6,49110	-0,11329	6,180	0,09456
Střed rozpětí	16,150	4	4,5	20	42	317,925	1271,7	5538,96	0,130	0,00000	0,00000	9,270	0,20785
	16,150	4	4,5	20	42	317,925	1271,7	5538,96	0,130	0,00000	0,00000	9,270	0,20785
	19,240	4	4,5	20	42	317,925	1271,7	5538,96	0,233	6,49110	0,11329	12,360	0,32114
	19,240	4	4,5	20	42	317,925	1271,7	5538,96	0,233	6,49110	0,11329	12,360	0,32114
	22,330	4	4,5	20	42	317,925	1271,7	5538,96	0,811	11,90871	0,20785	15,450	0,41569
	22,330	4	4,5	20	42	317,925	1271,7	5538,96	0,811	11,90871	0,20785	15,450	0,41569
0	25,420	4	4,5	20	42	317,925	1271,7	5538,96	1,463	11,90871	0,20785	18,540	0,41569
	25,420	0	4,5	0	0	0	0	0	0,000	0,00000	0,00000	18,540	
	26,870	0	4,5	0	0	0	0	0	0,000	0,00000	0,00000	0,000	
	26,870	0	4,5	0	0	0	0	0	0,000	0,00000	0,00000	0,000	
0	28,320	0	4,5	0	0	0	0	0	0,000	0,00000	0,00000	0,000	
	28,320	0	4,5	0	0	0	0	0	0,000	0,00000	0,00000	0,000	
	29,770	0	4,5	0	0	0	0	0	0,000	0,00000	0,00000	0,000	
	29,770	0	4,5	0	0	0	0	0	0,000	0,00000	0,00000	0,000	
Osa uložení	31,150	0	4,5	0	0	0	0	0	0,000	0,00000	0,00000	0,000	
	31,150	0	4,5	0	0	0	0	0	0,000	0,00000	0,00000	0,000	
Celo	32,300	0	4,5	0	0	0	0	0	0,000	0,00000	0,00000	0,000	

Poloha	Staničení [m]	Kabely 6, 7											
		Počet kabelů [ks]	Průměr drátu [mm]	Počet drátů v kabelu [ks]	Průměr kanálku [mm]	Plocha jednoho kabelu [mm ²]	Plocha kabelů celkem [mm ²]	Plocha kanálků celkem [mm ²]	Výška osy nad dol.vlákný [m]	Uhel tečny od vodorovné [°]	Uhel tečny od vodorovné [rad]	Vzdál.od levé kotvy po ose [m]	Uhel od levé kotvy celkem [rad]
Celo	0,000	0	4,5	0	0	0	0	0	0,000	0,00000	0,00000	0,000	
Osa uložení	1,150	0	4,5	0	0	0	0	0	0,000	0,00000	0,00000	0,000	
	1,150	0	4,5	0	0	0	0	0	0,000	0,00000	0,00000	0,000	
	2,530	0	4,5	0	0	0	0	0	0,000	0,00000	0,00000	0,000	
	2,530	0	4,5	0	0	0	0	0	0,000	0,00000	0,00000	0,000	
0	3,980	0	4,5	0	0	0	0	0	0,000	0,00000	0,00000	0,000	
	3,980	0	4,5	0	0	0	0	0	0,000	0,00000	0,00000	0,000	
	5,430	0	4,5	0	0	0	0	0	0,000	0,00000	0,00000	0,000	
	5,430	4	4,5	20	42	317,925	1271,7	5538,96	1,473	-14,01553	-0,24462	0,000	0,00000
0	6,880	4	4,5	20	42	317,925	1271,7	5538,96	1,111	-14,01553	-0,24462	1,450	0,00000
	6,880	4	4,5	20	42	317,925	1271,7	5538,96	1,111	-14,01553	-0,24462	1,450	0,00000
	9,970	4	4,5	20	42	317,925	1271,7	5538,96	0,358	-11,26938	-0,19669	4,540	0,04793
	9,970	4	4,5	20	42	317,925	1271,7	5538,96	0,358	-11,26938	-0,19669	4,540	0,04793
	13,060	4	4,5	20	42	317,925	1271,7	5538,96	0,050	-0,13162	-0,00230	7,630	0,24232
	13,060	4	4,5	20	42	317,925	1271,7	5538,96	0,050	-0,13162	-0,00230	7,630	0,24232
Střed rozpětí	16,150	4	4,5	20	42	317,925	1271,7	5538,96	0,050	0,00000	0,00000	10,720	0,24462
	16,150	4	4,5	20	42	317,925	1271,7	5538,96	0,050	0,00000	0,00000	10,720	0,24462
	19,240	4	4,5	20	42	317,925	1271,7	5538,96	0,050	0,13162	0,00230	13,810	0,24691
	19,240	4	4,5	20	42	317,925	1271,7	5538,96	0,050	0,13162	0,00230	13,810	0,24691
	22,330	4	4,5	20	42	317,925	1271,7	5538,96	0,358	11,26938	0,19669	16,900	0,44130
	22,330	4	4,5	20	42	317,925	1271,7	5538,96	0,358	11,26938	0,19669	16,900	0,44130
0	25,420	4	4,5	20	42	317,925	1271,7	5538,96	1,111	14,01553	0,24462	19,990	0,48923
	25,420	4	4,5	20	42	317,925	1271,7	5538,96	1,111	14,01553	0,24462	19,990	0,48923
	26,870	4	4,5	20	42	317,925	1271,7	5538,96	1,473	14,01553	0,24462	21,440	0,48923
	26,870	0	4,5	0	0	0	0	0	0,000	0,00000	0,00000	21,440	
0	28,320	0	4,5	0	0	0	0	0	0,000	0,00000	0,00000	0,000	
	28,320	0	4,5	0	0	0	0	0	0,000	0,00000	0,00000	0,000	
	29,770	0	4,5	0	0	0	0	0	0,000	0,00000	0,00000	0,000	
	29,770	0	4,5	0	0	0	0	0	0,000	0,00000	0,00000	0,000	
Osa uložení	31,150	0	4,5	0	0	0	0	0	0,000	0,00000	0,00000	0,000	
	31,150	0	4,5	0	0	0	0	0	0,000	0,00000	0,00000	0,000	
Celo	32,300	0	4,5	0	0	0	0	0	0,000	0,00000	0,00000	0,000	

Poloha	Staničení [m]	Kabely 17, 20											
		Počet kabelů [ks]	Průměr drátu [mm]	Počet drátů v kabelu [ks]	Průměr kanálku [mm]	Plocha jednoho kabelu [mm ²]	Plocha kabelů celkem [mm ²]	Plocha kanálků celkem [mm ²]	Výška osy nad dol.vlákný [m]	Uhel tečny od vodorovné [°]	Uhel tečny od vodorovné [rad]	Vzdál.od levé kotvy po ose [m]	Uhel od levé kotvy celkem [rad]
Celo	0,000	0	4,5	0	0	0	0	0	0,000	0,00000	0,00000	0,000	
Osa uložení	1,150	0	4,5	0	0	0	0	0	0,000	0,00000	0,00000	0,000	
	1,150	0	4,5	0	0	0	0	0	0,000	0,00000	0,00000	0,000	
	2,530	0	4,5	0	0	0	0	0	0,000	0,00000	0,00000	0,000	
	2,530	0	4,5	0	0	0	0	0	0,000	0,00000	0,00000	0,000	
0	3,980	0	4,5	0	0	0	0	0	0,000	0,00000	0,00000	0,000	
	3,980	0	4,5	0	0	0	0	0	0,000	0,00000	0,00000	0,000	
	5,430	0	4,5	0	0	0	0	0	0,000	0,00000	0,00000	0,000	
	5,430	4	4,5	20	42	317,925	1271,7	5538,96	1,148	-15,87182	-0,27702	0,000	0,00000
0	6,880	4	4,5	20	42	317,925	1271,7	5538,96	0,736	-15,87182	-0,27702	1,450	0,00000
	6,880	4	4,5	20	42	317,925	1271,7	5538,96	0,736	-15,87182	-0,27702	1,450	0,00000
	9,970	4	4,5	20	42	317,925	1271,7	5538,96	0,139	-2,48744	-0,04341	4,540	0,23360
	9,970	4	4,5	20	42	317,925	1271,7	5538,96	0,139	-2,48744	-0,04341	4,540	0,23360
	13,060	4	4,5	20	42	317,925	1271,7	5538,96	0,130	0,00000	0,00000	7,630	0,27702
	13,060	4	4,5	20	42	317,925	1271,7	5538,96	0,130	0,00000	0,00000	7,630	0,27702
Střed rozpětí	16,150	4	4,5	20	42	317,925	1271,7	5538,96	0,130	0,00000	0,00000	10,720	0,27702
	16,150	4	4,5	20	42	317,925	1271,7	5538,96	0,130	0,00000	0,00000	10,720	0,27702
	19,240	4	4,5	20	42	317,925	1271,7	5538,96	0,130	0,00000	0,00000	13,810	0,27702
	19,240	4	4,5	20	42	317,925	1271,7	5538,96	0,130	0,00000	0,00000	13,810	0,27702
	22,330	4	4,5	20	42	317,925	1271,7	5538,96	0,139	2,48744	0,04341	16,900	0,32043
	22,330	4	4,5	20	42	317,925	1271,7	5538,96	0,139	2,48744	0,04341	16,900	0,32043
0	25,420	4	4,5	20	42	317,925	1271,7	5538,96	0,736	15,87182	0,27702	19,990	0,55403
	25,420	4	4,5	20	42	317,925	1271,7	5538,96	0,736	15,87182	0,27702	19,990	0,55403
	26,870	4	4,5	20	42	317,925	1271,7	5538,96	1,148	15,87182	0,27702	21,440	0,55403
	26,870	0	4,5	0	0	0	0	0	0,000	0,00000	0,00000	21,440	
0	28,320	0	4,5	0	0	0	0	0	0,000	0,00000	0,00000	0,000	
	28,320	0	4,5	0	0	0	0	0	0,000	0,00000	0,00000	0,000	
	29,770	0	4,5	0	0	0	0	0	0,000	0,00000	0,00000	0,000	
	29,770	0	4,5	0	0	0	0	0	0,000	0,00000	0,00000	0,000	
Osa uložení	31,150	0	4,5	0	0	0	0	0	0,000	0,00000	0,00000	0,000	
	31,150	0	4,5	0	0	0	0	0	0,000	0,00000	0,00000	0,000	
Celo	32,300	0	4,5	0	0	0	0	0	0,000	0,00000	0,00000	0,000	

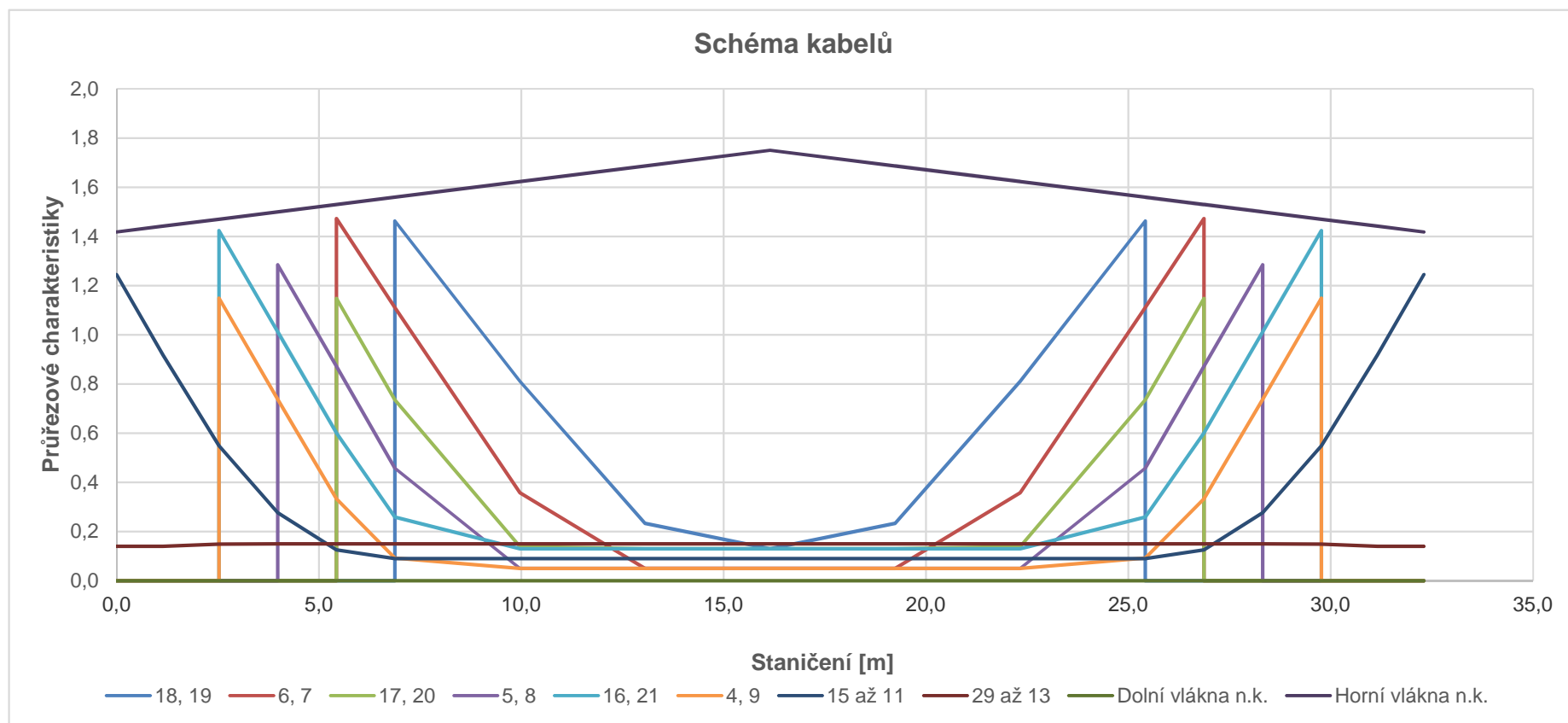
Poloha	Staničení [m]	Kabely 5, 8											
		Počet kabelů [ks]	Průměr drátu [mm]	Počet drátů v kabelu [ks]	Průměr kanálku [mm]	Plocha jednoho kabelu [mm ²]	Plocha kabelů celkem [mm ²]	Plocha kanálků celkem [mm ²]	Výška osy nad dol.vlákný [m]	Uhel tečny od vodorovné [°]	Uhel tečny od vodorovné [rad]	Vzdál.od levé kotvy po ose [m]	Uhel od levé kotvy celkem [rad]
Celo	0,000	0	4,5	0	0	0	0	0	0,000	0,00000	0,00000	0,000	
Osa uložení	1,150	0	4,5	0	0	0	0	0	0,000	0,00000	0,00000	0,000	
	1,150	0	4,5	0	0	0	0	0	0,000	0,00000	0,00000	0,000	
	2,530	0	4,5	0	0	0	0	0	0,000	0,00000	0,00000	0,000	
	2,530	0	4,5	0	0	0	0	0	0,000	0,00000	0,00000	0,000	
0	3,980	0	4,5	0	0	0	0	0	0,000	0,00000	0,00000	0,000	
	3,980	4	4,5	20	42	317,925	1271,7	5538,96	1,285	-15,92393	-0,27793	0,000	0,00000
	5,430	4	4,5	20	42	317,925	1271,7	5538,96	0,872	-15,92393	-0,27793	1,450	0,00000
	5,430	4	4,5	20	42	317,925	1271,7	5538,96	0,872	-15,92393	-0,27793	1,450	0,00000
0	6,880	4	4,5	20	42	317,925	1271,7	5538,96	0,458	-15,92393	-0,27793	2,900	0,00000
	6,880	4	4,5	20	42	317,925	1271,7	5538,96	0,458	-15,92393	-0,27793	2,900	0,00000
	9,970	4	4,5	20	42	317,925	1271,7	5538,96	0,050	0,00000	0,00000	5,990	0,27793
	9,970	4	4,5	20	42	317,925	1271,7	5538,96	0,050	0,00000	0,00000	5,990	0,27793
	13,060	4	4,5	20	42	317,925	1271,7	5538,96	0,050	0,00000	0,00000	9,080	0,27793
	13,060	4	4,5	20	42	317,925	1271,7	5538,96	0,050	0,00000	0,00000	9,080	0,27793
Střed rozpětí	16,150	4	4,5	20	42	317,925	1271,7	5538,96	0,050	0,00000	0,00000	12,170	0,27793
	16,150	4	4,5	20	42	317,925	1271,7	5538,96	0,050	0,00000	0,00000	12,170	0,27793
	19,240	4	4,5	20	42	317,925	1271,7	5538,96	0,050	0,00000	0,00000	15,260	0,27793
	19,240	4	4,5	20	42	317,925	1271,7	5538,96	0,050	0,00000	0,00000	15,260	0,27793
	22,330	4	4,5	20	42	317,925	1271,7	5538,96	0,050	0,00000	0,00000	18,350	0,27793
	22,330	4	4,5	20	42	317,925	1271,7	5538,96	0,050	0,00000	0,00000	18,350	0,27793
0	25,420	4	4,5	20	42	317,925	1271,7	5538,96	0,458	15,92393	0,27793	21,440	0,55585
	25,420	4	4,5	20	42	317,925	1271,7	5538,96	0,458	15,92393	0,27793	21,440	0,55585
	26,870	4	4,5	20	42	317,925	1271,7	5538,96	0,872	15,92393	0,27793	22,890	0,55585
	26,870	4	4,5	20	42	317,925	1271,7	5538,96	0,872	15,92393	0,27793	22,890	0,55585
0	28,320	4	4,5	20	42	317,925	1271,7	5538,96	1,285	15,92393	0,27793	24,340	0,55585
	28,320	0	4,5	0	0	0	0	0	0,000	0,00000	0,00000	24,340	
	29,770	0	4,5	0	0	0	0	0	0,000	0,00000	0,00000	0,000	
	29,770	0	4,5	0	0	0	0	0	0,000	0,00000	0,00000	0,000	
Osa uložení	31,150	0	4,5	0	0	0	0	0	0,000	0,00000	0,00000	0,000	
	31,150	0	4,5	0	0	0	0	0	0,000	0,00000	0,00000	0,000	
Celo	32,300	0	4,5	0	0	0	0	0	0,000	0,00000	0,00000	0,000	

Poloha	Staničení [m]	Kabely 16, 21											
		Počet kabelů [ks]	Průměr drátu [mm]	Počet drátů v kabelu [ks]	Průměr kanálku [mm]	Plocha jednoho kabelu [mm ²]	Plocha kabelů celkem [mm ²]	Plocha kanálků celkem [mm ²]	Výška osy nad dol.vlákný [m]	Uhel tečny od vodorovné [°]	Uhel tečny od vodorovné [rad]	Vzdál.od levé kotvy po ose [m]	Uhel od levé kotvy celkem [rad]
Celo	0,000	0	4,5	0	0	0	0	0	0,000	0,00000	0,00000	0,000	
Osa uložení	1,150	0	4,5	0	0	0	0	0	0,000	0,00000	0,00000	0,000	
	1,150	0	4,5	0	0	0	0	0	0,000	0,00000	0,00000	0,000	
	2,530	0	4,5	0	0	0	0	0	0,000	0,00000	0,00000	0,000	
	2,530	4	4,5	20	42	317,925	1271,7	5538,96	1,424	-15,83752	-0,27642	0,000	0,00000
0	3,980	4	4,5	20	42	317,925	1271,7	5538,96	1,012	-15,83752	-0,27642	1,450	0,00000
	3,980	4	4,5	20	42	317,925	1271,7	5538,96	1,012	-15,83752	-0,27642	1,450	0,00000
	5,430	4	4,5	20	42	317,925	1271,7	5538,96	0,601	-15,83752	-0,27642	2,900	0,00000
	5,430	4	4,5	20	42	317,925	1271,7	5538,96	0,601	-15,83752	-0,27642	2,900	0,00000
0	6,880	4	4,5	20	42	317,925	1271,7	5538,96	0,259	-9,21242	-0,16079	4,350	0,11563
	6,880	4	4,5	20	42	317,925	1271,7	5538,96	0,259	-9,21242	-0,16079	4,350	0,11563
	9,970	4	4,5	20	42	317,925	1271,7	5538,96	0,130	0,00000	0,00000	7,440	0,27642
	9,970	4	4,5	20	42	317,925	1271,7	5538,96	0,130	0,00000	0,00000	7,440	0,27642
	13,060	4	4,5	20	42	317,925	1271,7	5538,96	0,130	0,00000	0,00000	10,530	0,27642
	13,060	4	4,5	20	42	317,925	1271,7	5538,96	0,130	0,00000	0,00000	10,530	0,27642
Střed rozpětí	16,150	4	4,5	20	42	317,925	1271,7	5538,96	0,130	0,00000	0,00000	13,620	0,27642
	16,150	4	4,5	20	42	317,925	1271,7	5538,96	0,130	0,00000	0,00000	13,620	0,27642
	19,240	4	4,5	20	42	317,925	1271,7	5538,96	0,130	0,00000	0,00000	16,710	0,27642
	19,240	4	4,5	20	42	317,925	1271,7	5538,96	0,130	0,00000	0,00000	16,710	0,27642
	22,330	4	4,5	20	42	317,925	1271,7	5538,96	0,130	0,00000	0,00000	19,800	0,27642
	22,330	4	4,5	20	42	317,925	1271,7	5538,96	0,130	0,00000	0,00000	19,800	0,27642
0	25,420	4	4,5	20	42	317,925	1271,7	5538,96	0,259	9,21242	0,16079	22,890	0,43720
	25,420	4	4,5	20	42	317,925	1271,7	5538,96	0,259	9,21242	0,16079	22,890	0,43720
	26,870	4	4,5	20	42	317,925	1271,7	5538,96	0,601	15,83752	0,27642	24,340	0,55283
	26,870	4	4,5	20	42	317,925	1271,7	5538,96	0,601	15,83752	0,27642	24,340	0,55283
0	28,320	4	4,5	20	42	317,925	1271,7	5538,96	1,012	15,83752	0,27642	25,790	0,55283
	28,320	4	4,5	20	42	317,925	1271,7	5538,96	1,012	15,83752	0,27642	25,790	0,55283
	29,770	4	4,5	20	42	317,925	1271,7	5538,96	1,424	15,83752	0,27642	27,240	0,55283
	29,770	0	4,5	0	0	0	0	0	0,000	0,00000	0,00000	27,240	
Osa uložení	31,150	0	4,5	0	0	0	0	0	0,000	0,00000	0,00000	0,000	
	31,150	0	4,5	0	0	0	0	0	0,000	0,00000	0,00000	0,000	
Celo	32,300	0	4,5	0	0	0	0	0	0,000	0,00000	0,00000	0,000	

Poloha	Staničení [m]	Kabely 4, 9											
		Počet kabelů [ks]	Průměr drátu [mm]	Počet drátů v kabelu [ks]	Průměr kanálku [mm]	Plocha jednoho kabelu [mm ²]	Plocha kabelů celkem [mm ²]	Plocha kanálků celkem [mm ²]	Výška osy nad dol.vlákný [m]	Uhel tečny od vodorovné [°]	Uhel tečny od vodorovné [rad]	Vzdál.od levé kotvy po ose [m]	Uhel od levé kotvy celkem [rad]
Celo	0,000	0	4,5	0	0	0	0	0	0,000	0,00000	0,00000	0,000	
Osa uložení	1,150	0	4,5	0	0	0	0	0	0,000	0,00000	0,00000	0,000	
	1,150	0	4,5	0	0	0	0	0	0,000	0,00000	0,00000	0,000	
	2,530	0	4,5	0	0	0	0	0	0,000	0,00000	0,00000	0,000	
	2,530	4	4,5	20	42	317,925	1271,7	5538,96	1,149	-15,85982	-0,27681	0,000	0,00000
0	3,980	4	4,5	20	42	317,925	1271,7	5538,96	0,738	-15,85982	-0,27681	1,450	0,00000
	3,980	4	4,5	20	42	317,925	1271,7	5538,96	0,738	-15,85982	-0,27681	1,450	0,00000
	5,430	4	4,5	20	42	317,925	1271,7	5538,96	0,333	-13,66789	-0,23855	2,900	0,03826
	5,430	4	4,5	20	42	317,925	1271,7	5538,96	0,333	-13,66789	-0,23855	2,900	0,03826
0	6,880	4	4,5	20	42	317,925	1271,7	5538,96	0,092	-5,23803	-0,09142	4,350	0,18539
	6,880	4	4,5	20	42	317,925	1271,7	5538,96	0,092	-5,23803	-0,09142	4,350	0,18539
	9,970	4	4,5	20	42	317,925	1271,7	5538,96	0,050	0,00000	0,00000	7,440	0,27681
	9,970	4	4,5	20	42	317,925	1271,7	5538,96	0,050	0,00000	0,00000	7,440	0,27681
	13,060	4	4,5	20	42	317,925	1271,7	5538,96	0,050	0,00000	0,00000	10,530	0,27681
	13,060	4	4,5	20	42	317,925	1271,7	5538,96	0,050	0,00000	0,00000	10,530	0,27681
Střed rozpětí	16,150	4	4,5	20	42	317,925	1271,7	5538,96	0,050	0,00000	0,00000	13,620	0,27681
	16,150	4	4,5	20	42	317,925	1271,7	5538,96	0,050	0,00000	0,00000	13,620	0,27681
	19,240	4	4,5	20	42	317,925	1271,7	5538,96	0,050	0,00000	0,00000	16,710	0,27681
	19,240	4	4,5	20	42	317,925	1271,7	5538,96	0,050	0,00000	0,00000	16,710	0,27681
	22,330	4	4,5	20	42	317,925	1271,7	5538,96	0,050	0,00000	0,00000	19,800	0,27681
	22,330	4	4,5	20	42	317,925	1271,7	5538,96	0,050	0,00000	0,00000	19,800	0,27681
0	25,420	4	4,5	20	42	317,925	1271,7	5538,96	0,092	5,23803	0,09142	22,890	0,36823
	25,420	4	4,5	20	42	317,925	1271,7	5538,96	0,092	5,23803	0,09142	22,890	0,36823
	26,870	4	4,5	20	42	317,925	1271,7	5538,96	0,333	13,66789	0,23855	24,340	0,51536
	26,870	4	4,5	20	42	317,925	1271,7	5538,96	0,333	13,66789	0,23855	24,340	0,51536
0	28,320	4	4,5	20	42	317,925	1271,7	5538,96	0,738	15,85982	0,27681	25,790	0,55361
	28,320	4	4,5	20	42	317,925	1271,7	5538,96	0,738	15,85982	0,27681	25,790	0,55361
	29,770	4	4,5	20	42	317,925	1271,7	5538,96	1,149	15,85982	0,27681	27,240	0,55361
	29,770	0	4,5	0	0	0	0	0	0,000	0,00000	0,00000	27,240	
Osa uložení	31,150	0	4,5	0	0	0	0	0	0,000	0,00000	0,00000	0,000	
	31,150	0	4,5	0	0	0	0	0	0,000	0,00000	0,00000	0,000	
Celo	32,300	0	4,5	0	0	0	0	0	0,000	0,00000	0,00000	0,000	

Poloha	Staničení [m]	Kabely 15 až 11											
		Počet kabelů [ks]	Průměr drátu [mm]	Počet drátů v kabelu [ks]	Průměr kanálku [mm]	Plocha jednoho kabelu [mm ²]	Plocha kabelů celkem [mm ²]	Plocha kanálků celkem [mm ²]	Výška osy nad dol.vlákný [m]	Uhel tečny od vodorovné [°]	Uhel tečny od vodorovné [rad]	Vzdál.od levé kotvy po ose [m]	Uhel od levé kotvy celkem [rad]
Celo	0,000	16	4,5	20	42	317,925	5086,8	22155,84	1,245	-15,87161	-0,27701	0,000	0,00000
Osa uložení	1,150	16	4,5	20	42	317,925	5086,8	22155,84	0,918	-15,87161	-0,27701	1,196	0,00000
	1,150	16	4,5	20	42	317,925	5086,8	22155,84	0,918	-15,87161	-0,27701	1,196	0,00000
	2,530	16	4,5	20	42	317,925	5086,8	22155,84	0,549	-12,97176	-0,22640	2,624	0,05061
	2,530	16	4,5	20	42	317,925	5086,8	22155,84	0,549	-12,97176	-0,22640	2,624	0,05061
0	3,980	16	4,5	20	42	317,925	5086,8	22155,84	0,277	-8,27447	-0,14442	4,099	0,13260
	3,980	16	4,5	20	42	317,925	5086,8	22155,84	0,277	-8,27447	-0,14442	4,099	0,13260
	5,430	16	4,5	20	42	317,925	5086,8	22155,84	0,126	-3,63267	-0,06340	5,557	0,21361
	5,430	16	4,5	20	42	317,925	5086,8	22155,84	0,126	-3,63267	-0,06340	5,557	0,21361
0	6,880	16	4,5	20	42	317,925	5086,8	22155,84	0,090	0,00000	0,00000	7,008	0,27701
	6,880	16	4,5	20	42	317,925	5086,8	22155,84	0,090	0,00000	0,00000	7,008	0,27701
	9,970	16	4,5	20	42	317,925	5086,8	22155,84	0,090	0,00000	0,00000	10,098	0,27701
	9,970	16	4,5	20	42	317,925	5086,8	22155,84	0,090	0,00000	0,00000	10,098	0,27701
	13,060	16	4,5	20	42	317,925	5086,8	22155,84	0,090	0,00000	0,00000	13,188	0,27701
	13,060	16	4,5	20	42	317,925	5086,8	22155,84	0,090	0,00000	0,00000	13,188	0,27701
Střed rozpětí	16,150	16	4,5	20	42	317,925	5086,8	22155,84	0,090	0,00000	0,00000	16,278	0,27701
	16,150	16	4,5	20	42	317,925	5086,8	22155,84	0,090	0,00000	0,00000	16,278	0,27701
	19,240	16	4,5	20	42	317,925	5086,8	22155,84	0,090	0,00000	0,00000	19,368	0,27701
	19,240	16	4,5	20	42	317,925	5086,8	22155,84	0,090	0,00000	0,00000	19,368	0,27701
	22,330	16	4,5	20	42	317,925	5086,8	22155,84	0,090	0,00000	0,00000	22,458	0,27701
	22,330	16	4,5	20	42	317,925	5086,8	22155,84	0,090	0,00000	0,00000	22,458	0,27701
0	25,420	16	4,5	20	42	317,925	5086,8	22155,84	0,090	0,00000	0,00000	25,548	0,27701
	25,420	16	4,5	20	42	317,925	5086,8	22155,84	0,090	0,00000	0,00000	25,548	0,27701
	26,870	16	4,5	20	42	317,925	5086,8	22155,84	0,126	3,63267	0,06340	26,998	0,34041
	26,870	16	4,5	20	42	317,925	5086,8	22155,84	0,126	3,63267	0,06340	26,998	0,34041
0	28,320	16	4,5	20	42	317,925	5086,8	22155,84	0,277	8,27447	0,14442	28,456	0,42143
	28,320	16	4,5	20	42	317,925	5086,8	22155,84	0,277	8,27447	0,14442	28,456	0,42143
	29,770	16	4,5	20	42	317,925	5086,8	22155,84	0,549	12,97176	0,22640	29,931	0,50341
	29,770	16	4,5	20	42	317,925	5086,8	22155,84	0,549	12,97176	0,22640	29,931	0,50341
Osa uložení	31,150	16	4,5	20	42	317,925	5086,8	22155,84	0,918	15,87161	0,27701	31,360	0,55402
	31,150	16	4,5	20	42	317,925	5086,8	22155,84	0,918	15,87161	0,27701	31,360	0,55402
Celo	32,300	16	4,5	20	42	317,925	5086,8	22155,84	1,245	15,87161	0,27701	32,555	0,55402

Poloha	Staničení [m]	Kabely 29 až 13 (tzn. 29, 28, 26, 25, 27, 24, 12, 1, 13)											
		Počet kabelů [ks]	Průměr drátu [mm]	Počet drátů v kabelu [ks]	Průměr kanálku [mm]	Plocha jednoho kabelu [mm ²]	Plocha kabelů celkem [mm ²]	Plocha kanálků celkem [mm ²]	Výška osy nad dol.vlákný [m]	Uhel tečny od vodorovné [°]	Uhel tečny od vodorovné [rad]	Vzdál.od levé kotvy po ose [m]	Uhel od levé kotvy celkem [rad]
Celo	0,000	18	4,5	20	42	317,925	5722,65	24925,32	0,140	0,00000	0,00000	0,000	0,00000
Osa uložení	1,150	18	4,5	20	42	317,925	5722,65	24925,32	0,140	0,00000	0,00000	1,150	0,00000
	1,150	18	4,5	20	42	317,925	5722,65	24925,32	0,140	0,00000	0,00000	1,150	0,00000
	2,530	18	4,5	20	42	317,925	5722,65	24925,32	0,149	0,38197	0,00667	2,530	0,00667
	2,530	18	4,5	20	42	317,925	5722,65	24925,32	0,149	0,38197	0,00667	2,530	0,00667
0	3,980	18	4,5	20	42	317,925	5722,65	24925,32	0,150	0,00000	0,00000	3,980	0,01333
	3,980	18	4,5	20	42	317,925	5722,65	24925,32	0,150	0,00000	0,00000	3,980	0,01333
	5,430	18	4,5	20	42	317,925	5722,65	24925,32	0,150	0,00000	0,00000	5,430	0,01333
	5,430	18	4,5	20	42	317,925	5722,65	24925,32	0,150	0,00000	0,00000	5,430	0,01333
0	6,880	18	4,5	20	42	317,925	5722,65	24925,32	0,150	0,00000	0,00000	6,880	0,01333
	6,880	18	4,5	20	42	317,925	5722,65	24925,32	0,150	0,00000	0,00000	6,880	0,01333
	9,970	18	4,5	20	42	317,925	5722,65	24925,32	0,150	0,00000	0,00000	9,970	0,01333
	9,970	18	4,5	20	42	317,925	5722,65	24925,32	0,150	0,00000	0,00000	9,970	0,01333
	13,060	18	4,5	20	42	317,925	5722,65	24925,32	0,150	0,00000	0,00000	13,060	0,01333
	13,060	18	4,5	20	42	317,925	5722,65	24925,32	0,150	0,00000	0,00000	13,060	0,01333
Střed rozpětí	16,150	18	4,5	20	42	317,925	5722,65	24925,32	0,150	0,00000	0,00000	16,150	0,01333
	16,150	18	4,5	20	42	317,925	5722,65	24925,32	0,150	0,00000	0,00000	16,150	0,01333
	19,240	18	4,5	20	42	317,925	5722,65	24925,32	0,150	0,00000	0,00000	19,240	0,01333
	19,240	18	4,5	20	42	317,925	5722,65	24925,32	0,150	0,00000	0,00000	19,240	0,01333
	22,330	18	4,5	20	42	317,925	5722,65	24925,32	0,150	0,00000	0,00000	22,330	0,01333
	22,330	18	4,5	20	42	317,925	5722,65	24925,32	0,150	0,00000	0,00000	22,330	0,01333
0	25,420	18	4,5	20	42	317,925	5722,65	24925,32	0,150	0,00000	0,00000	25,420	0,01333
	25,420	18	4,5	20	42	317,925	5722,65	24925,32	0,150	0,00000	0,00000	25,420	0,01333
	26,870	18	4,5	20	42	317,925	5722,65	24925,32	0,150	0,00000	0,00000	26,870	0,01333
	26,870	18	4,5	20	42	317,925	5722,65	24925,32	0,150	0,00000	0,00000	26,870	0,01333
0	28,320	18	4,5	20	42	317,925	5722,65	24925,32	0,150	0,00000	0,00000	28,320	0,01333
	28,320	18	4,5	20	42	317,925	5722,65	24925,32	0,150	0,00000	0,00000	28,320	0,01333
	29,770	18	4,5	20	42	317,925	5722,65	24925,32	0,149	-0,38197	-0,00667	29,770	0,02000
	29,770	18	4,5	20	42	317,925	5722,65	24925,32	0,149	-0,38197	-0,00667	29,770	0,02000
Osa uložení	31,150	18	4,5	20	42	317,925	5722,65	24925,32	0,140	0,00000	0,00000	31,150	0,02667
	31,150	18	4,5	20	42	317,925	5722,65	24925,32	0,140	0,00000	0,00000	31,150	0,02667
Celo	32,300	18	4,5	20	42	317,925	5722,65	24925,32	0,140	0,00000	0,00000	32,300	0,02667



Pozn.: kabely jsou pro výpočet částečně sloučeny do dílčích "ideálních" kabelů.

2.4. PRŮŘEZY OSLABENÉ KABELOVÝMI KANÁLKY

Poloha	Staničení [m]	Průřez vč. kanálků - svislý směr				Průřez vč. kanálků - vodorovný směr			
		SA [m ²]	SA.z _{Ti} [m ³]	z _T [m]	SI _y [m ⁴]	SA [m ²]	SA.y _{Ti} [m ³]	y _T [m]	SI _z [m ⁴]
Celo	0,000	1,56456	0,93279	0,596	0,34002	1,57564	1,67311	1,062	0,57995
Osa uložení	1,150	1,57608	0,96317	0,611	0,36361	1,58716	1,68532	1,062	0,58388
	1,150	1,57608	0,96317	0,611	0,36361	1,58716	1,68532	1,062	0,58388
	2,530	1,58952	0,99845	0,628	0,38551	1,60060	1,69957	1,062	0,58847
	2,530	1,57844	0,98420	0,624	0,38047	1,60060	1,69957	1,062	0,58847
0	3,980	1,59284	1,02447	0,643	0,40378	1,61500	1,71483	1,062	0,59338
	3,980	1,58730	1,01735	0,641	0,40149	1,61500	1,71483	1,062	0,59338
	5,430	1,60170	1,05764	0,660	0,42303	1,62940	1,73010	1,062	0,59829
	5,430	1,59062	1,04312	0,656	0,41802	1,62940	1,73010	1,062	0,59829
0	6,880	1,60502	1,08430	0,676	0,44181	1,64380	1,74536	1,062	0,60321
	6,880	1,75489	1,30539	0,744	0,52991	1,79920	1,91008	1,062	0,65790
	9,970	1,78513	1,39508	0,782	0,58531	1,82944	1,94214	1,062	0,66822
	9,970	1,78513	1,39508	0,782	0,58531	1,82944	1,94214	1,062	0,66822
	13,060	1,81585	1,47858	0,814	0,64394	1,86016	1,97470	1,062	0,67870
	13,060	1,81585	1,47858	0,814	0,64394	1,86016	1,97470	1,062	0,67870
Střed rozpětí	16,150	1,84609	1,55838	0,844	0,70816	1,89040	2,00676	1,062	0,68902
	16,150	1,84609	1,55838	0,844	0,70816	1,89040	2,00676	1,062	0,68902
	19,240	1,81585	1,47858	0,814	0,64394	1,86016	1,97470	1,062	0,67870
	19,240	1,81585	1,47858	0,814	0,64394	1,86016	1,97470	1,062	0,67870
	22,330	1,78513	1,39508	0,782	0,58531	1,82944	1,94214	1,062	0,66822
	22,330	1,78513	1,39508	0,782	0,58531	1,82944	1,94214	1,062	0,66822
0	25,420	1,75489	1,30539	0,744	0,52991	1,79920	1,91008	1,062	0,65790
	25,420	1,60502	1,08430	0,676	0,44181	1,64380	1,74536	1,062	0,60321
	26,870	1,59062	1,04312	0,656	0,41802	1,62940	1,73010	1,062	0,59829
	26,870	1,60170	1,05764	0,660	0,42303	1,62940	1,73010	1,062	0,59829
0	28,320	1,58730	1,01735	0,641	0,40149	1,61500	1,71483	1,062	0,59338
	28,320	1,59284	1,02447	0,643	0,40378	1,61500	1,71483	1,062	0,59338
	29,770	1,57844	0,98420	0,624	0,38047	1,60060	1,69957	1,062	0,58847
	29,770	1,58952	0,99845	0,628	0,38551	1,60060	1,69957	1,062	0,58847
Osa uložení	31,150	1,57608	0,96317	0,611	0,36361	1,58716	1,68532	1,062	0,58388
	31,150	1,57608	0,96317	0,611	0,36361	1,58716	1,68532	1,062	0,58388
Celo	32,300	1,56456	0,93279	0,596	0,34002	1,57564	1,67311	1,062	0,57995

2.5. PRŮŘEZY OSLABENÉ POŠKOZENÍM - ODŠTÍPNUTÍM BETONU

Oslabení průřezu odštípnutím betonu uvažujeme pouze ve svislém směru, ve vodorovném směru oslabení zanedbáme.

Poloha	Staničení [m]	Oslabení průřezu							
		b [m]	h [m]	Výška dol.okraje	A [m ²]	z_T [m]	$A \cdot z_T$ [m ³]	e [m]	$A \cdot e^2$ [m ⁴]
Celo	0,000	0,000	0,000	0,000	0,00000	0	0	-0,596	0
Osa uložení	1,150	0,000	0,000	0,000	0,00000	0	0	-0,611	0
	1,150	0,000	0,000	0,000	0,00000	0	0	-0,611	0
	2,530	0,000	0,000	0,000	0,00000	0	0	-0,628	0
	2,530	0,000	0,000	0,000	0,00000	0	0	-0,624	0
0 0	3,980	0,000	0,000	0,000	0,00000	0	0	-0,643	0
	3,980	0,000	0,000	0,000	0,00000	0	0	-0,641	0
	5,430	0,000	0,000	0,000	0,00000	0	0	-0,660	0
	5,430	0,000	0,000	0,000	0,00000	0	0	-0,656	0
0 0	6,880	0,000	0,000	0,000	0,00000	0	0	-0,676	0
	6,880	0,000	0,000	0,000	0,00000	0	0	-0,744	0
	9,970	0,000	0,000	0,000	0,00000	0	0	-0,782	0
	9,970	0,000	0,000	0,000	0,00000	0	0	-0,782	0
	13,060	0,000	0,000	0,000	0,00000	0	0	-0,814	0
	13,060	0,000	0,000	0,000	0,00000	0	0	-0,814	0
Střed rozpětí	16,150	0,000	0,000	0,000	0,00000	0	0	-0,844	0
	16,150	0,000	0,000	0,000	0,00000	0	0	-0,844	0
	19,240	0,000	0,000	0,000	0,00000	0	0	-0,814	0
	19,240	0,000	0,000	0,000	0,00000	0	0	-0,814	0
	22,330	0,000	0,000	0,000	0,00000	0	0	-0,782	0
	22,330	0,000	0,000	0,000	0,00000	0	0	-0,782	0
0 0	25,420	0,000	0,000	0,000	0,00000	0	0	-0,744	0
	25,420	0,000	0,000	0,000	0,00000	0	0	-0,676	0
	26,870	0,000	0,000	0,000	0,00000	0	0	-0,656	0
	26,870	0,000	0,000	0,000	0,00000	0	0	-0,660	0
0 0	28,320	0,000	0,000	0,000	0,00000	0	0	-0,641	0
	28,320	0,000	0,000	0,000	0,00000	0	0	-0,643	0
	29,770	0,000	0,000	0,000	0,00000	0	0	-0,624	0
	29,770	0,000	0,000	0,000	0,00000	0	0	-0,628	0
Osa uložení	31,150	0,000	0,000	0,000	0,00000	0	0	-0,611	0
	31,150	0,000	0,000	0,000	0,00000	0	0	-0,611	0
Celo	32,300	0,000	0,000	0,000	0,00000	0	0	-0,596	0

Poloha	Staničení [m]	Průřez vč. kanálků a poškození			
		SA [m ²]	SA.z _{Ti} [m ³]	z _T [m]	S _{Iy} [m ⁴]
Celo	0,000	1,56456	0,93279	0,596	0,34002
Osa uložení	1,150	1,57608	0,96317	0,611	0,36361
	1,150	1,57608	0,96317	0,611	0,36361
0	2,530	1,58952	0,99845	0,628	0,38551
0	2,530	1,57844	0,98420	0,624	0,38047
0	3,980	1,59284	1,02447	0,643	0,40378
0	3,980	1,58730	1,01735	0,641	0,40149
0	5,430	1,60170	1,05764	0,660	0,42303
0	5,430	1,59062	1,04312	0,656	0,41802
0	6,880	1,60502	1,08430	0,676	0,44181
0	6,880	1,75489	1,30539	0,744	0,52991
0	9,970	1,78513	1,39508	0,782	0,58531
0	9,970	1,78513	1,39508	0,782	0,58531
0	13,060	1,81585	1,47858	0,814	0,64394
0	13,060	1,81585	1,47858	0,814	0,64394
Střed rozpětí	16,150	1,84609	1,55838	0,844	0,70816
	16,150	1,84609	1,55838	0,844	0,70816
0	19,240	1,81585	1,47858	0,814	0,64394
0	19,240	1,81585	1,47858	0,814	0,64394
0	22,330	1,78513	1,39508	0,782	0,58531
0	22,330	1,78513	1,39508	0,782	0,58531
0	25,420	1,75489	1,30539	0,744	0,52991
0	25,420	1,60502	1,08430	0,676	0,44181
0	26,870	1,59062	1,04312	0,656	0,41802
0	26,870	1,60170	1,05764	0,660	0,42303
0	28,320	1,58730	1,01735	0,641	0,40149
0	28,320	1,59284	1,02447	0,643	0,40378
0	29,770	1,57844	0,98420	0,624	0,38047
0	29,770	1,58952	0,99845	0,628	0,38551
Osa uložení	31,150	1,57608	0,96317	0,611	0,36361
	31,150	1,57608	0,96317	0,611	0,36361
Celo	32,300	1,56456	0,93279	0,596	0,34002

2.6. PRŮŘEZY S PŘEDPÍNACÍ VÝZTUŽÍ - KRÁTKODOBÉ ZATÍŽENÍ

Do průřezových charakteristik započítáme pouze trvalé kabely; dočasný kabel nezapočítáme.

Pracovní součinitel: $a_e = \frac{E_p}{E_{cm}} = \frac{190,0}{34,0} = 5,588$

Poloha	Staničení [m]	Průřez vč. kabelů - svislý směr				Průřez vč. kabelů - vodorovný směr			
		SA_i [m ²]	SA_{i,z_T} [m ³]	z_{Ti} [m]	$S'_{y,i}$ [m ⁴]	SA_i [m ²]	SA_{i,y_T} [m ³]	y_{Ti} [m]	$S'_{z,i}$ [m ⁴]
Celo	0,000	1,59299	0,96818	0,608	0,35178	1,60762	1,69209	1,053	0,59482
Osa uložení	1,150	1,60451	0,98926	0,617	0,36624	1,61914	1,70430	1,053	0,59875
	1,150	1,60451	0,98926	0,617	0,36624	1,61914	1,70430	1,053	0,59875
	2,530	1,61795	1,01406	0,627	0,38569	1,63258	1,71854	1,053	0,60334
	2,530	1,62108	1,01809	0,628	0,38711	1,63258	1,71854	1,053	0,60334
0	3,980	1,63548	1,04478	0,639	0,40859	1,64698	1,73381	1,053	0,60825
	3,980	1,63705	1,04679	0,639	0,40925	1,64698	1,73381	1,053	0,60825
	5,430	1,65145	1,07406	0,650	0,43209	1,66138	1,74907	1,053	0,61317
	5,430	1,65458	1,07817	0,652	0,43353	1,66138	1,74907	1,053	0,61317
0	6,880	1,66898	1,10573	0,663	0,45664	1,67578	1,76433	1,053	0,61808
	6,880	1,82595	1,33722	0,732	0,55172	1,83118	1,92906	1,053	0,67278
	9,970	1,85619	1,40857	0,759	0,61279	1,86142	1,96111	1,054	0,68310
	9,970	1,85619	1,40857	0,759	0,61279	1,86142	1,96111	1,054	0,68310
	13,060	1,88691	1,48570	0,787	0,67899	1,89214	1,99368	1,054	0,69358
	13,060	1,88691	1,48570	0,787	0,67899	1,89214	1,99368	1,054	0,69358
Střed rozpětí	16,150	1,91715	1,56478	0,816	0,74715	1,92238	2,02573	1,054	0,70390
	16,150	1,91715	1,56478	0,816	0,74715	1,92238	2,02573	1,054	0,70390
	19,240	1,88691	1,48570	0,787	0,67899	1,89214	1,99368	1,054	0,69358
	19,240	1,88691	1,48570	0,787	0,67899	1,89214	1,99368	1,054	0,69358
	22,330	1,85619	1,40857	0,759	0,61279	1,86142	1,96111	1,054	0,68310
	22,330	1,85619	1,40857	0,759	0,61279	1,86142	1,96111	1,054	0,68310
0	25,420	1,82595	1,33722	0,732	0,55172	1,83118	1,92906	1,053	0,67278
	25,420	1,66898	1,10573	0,663	0,45664	1,67578	1,76433	1,053	0,61808
	26,870	1,65458	1,07817	0,652	0,43353	1,66138	1,74907	1,053	0,61317
	26,870	1,65145	1,07406	0,650	0,43209	1,66138	1,74907	1,053	0,61317
0	28,320	1,63705	1,04679	0,639	0,40925	1,64698	1,73381	1,053	0,60825
	28,320	1,63548	1,04478	0,639	0,40859	1,64698	1,73381	1,053	0,60825
	29,770	1,62108	1,01809	0,628	0,38711	1,63258	1,71854	1,053	0,60334
	29,770	1,61795	1,01406	0,627	0,38569	1,63258	1,71854	1,053	0,60334
Osa uložení	31,150	1,60451	0,98926	0,617	0,36624	1,61914	1,70430	1,053	0,59875
	31,150	1,60451	0,98926	0,617	0,36624	1,61914	1,70430	1,053	0,59875
Celo	32,300	1,59299	0,96818	0,608	0,35178	1,60762	1,69209	1,053	0,59482

2.7. PRŮŘEZY S PŘEDPÍNACÍ VÝZTUŽÍ - ÚČINKY VLASTNÍ TÍHY N.K. A PŘEDPĚTÍ

2.7.1. ČAS VNESENÍ ($g - g_0$) , $t_0 = 14,0$ dní , $t = 98,0$ dní

Do průřezových charakteristik započítáme pouze trvalé kabely; dočasné kabely e11-12 nezapočítáme.

Pracovní součinitel betonu v principu stanovíme podle [9] , čl.4.2.3, str.29:

$$n_L = n_0 (1 + y_L f_t) , \text{ kde:}$$

$$n_0 = E_a / E_{cm} \text{ je poměr modulů pružnosti promkrátkodobé zatížení, } n_0 = 5,588$$

f_t je součinitel dotvarování; pro smršťování betonu lze stáří betonu v okamžiku prvního zatížení uvažovat jako 1 den,

$$f_t = 1,008 ,$$

y_L je násobitel závislý na dotvarovacím součiniteli, součiniteli stárnutí a na vlastnostech příčného řezu částí průřezu.

Pro účely vlastní tíhy n.k. budeme uvažovat hodnotu podle [7] , čl. 5.10.6:

$$y_L = 0,8 ,$$

$$n_L = 5,588 (1 + 0,8 \cdot 1,008) = 7,394$$

Pracovní součinitel: $a_e =$ $n_L =$ 7,394

Poloha	Staničení [m]	Průřez vč. kabelů - svislý směr				Průřez vč. kabelů - vodorovný směr			
		SA_i [m ²]	SA_{i,z_T} [m ³]	z_{Ti} [m]	$S'_{y,i}$ [m ⁴]	SA_i [m ²]	SA_{i,y_T} [m ³]	y_{Ti} [m]	$S'_{z,i}$ [m ⁴]
Celo	0,000	1,60217	0,97962	0,611	0,35549	1,61795	1,69822	1,050	0,59957
Osa uložení	1,150	1,61369	0,99770	0,618	0,36707	1,62947	1,71043	1,050	0,60350
	1,150	1,61369	0,99770	0,618	0,36707	1,62947	1,71043	1,050	0,60350
	2,530	1,62713	1,01910	0,626	0,38574	1,64291	1,72468	1,050	0,60809
	2,530	1,63486	1,02905	0,629	0,38924	1,64291	1,72468	1,050	0,60809
0 0	3,980	1,64926	1,05134	0,637	0,41014	1,65731	1,73994	1,050	0,61300
	3,980	1,65313	1,05631	0,639	0,41175	1,65731	1,73994	1,050	0,61300
	5,430	1,66753	1,07936	0,647	0,43495	1,67171	1,75520	1,050	0,61792
	5,430	1,67525	1,08949	0,650	0,43853	1,67171	1,75520	1,050	0,61792
0 0	6,880	1,68965	1,11266	0,659	0,46132	1,68611	1,77047	1,050	0,62283
	6,880	1,84892	1,34751	0,729	0,55867	1,84151	1,93519	1,051	0,67754
	9,970	1,87916	1,41293	0,752	0,62128	1,87175	1,96725	1,051	0,68786
	9,970	1,87916	1,41293	0,752	0,62128	1,87175	1,96725	1,051	0,68786
	13,060	1,90988	1,48801	0,779	0,68977	1,90247	1,99981	1,051	0,69834
	13,060	1,90988	1,48801	0,779	0,68977	1,90247	1,99981	1,051	0,69834
Střed rozpětí	16,150	1,94012	1,56684	0,808	0,75914	1,93271	2,03186	1,051	0,70866
	16,150	1,94012	1,56684	0,808	0,75914	1,93271	2,03186	1,051	0,70866
	19,240	1,90988	1,48801	0,779	0,68977	1,90247	1,99981	1,051	0,69834
	19,240	1,90988	1,48801	0,779	0,68977	1,90247	1,99981	1,051	0,69834
	22,330	1,87916	1,41293	0,752	0,62128	1,87175	1,96725	1,051	0,68786
	22,330	1,87916	1,41293	0,752	0,62128	1,87175	1,96725	1,051	0,68786
0 0	25,420	1,84892	1,34751	0,729	0,55867	1,84151	1,93519	1,051	0,67754
	25,420	1,68965	1,11266	0,659	0,46132	1,68611	1,77047	1,050	0,62283
	26,870	1,67525	1,08949	0,650	0,43853	1,67171	1,75520	1,050	0,61792
	26,870	1,66753	1,07936	0,647	0,43495	1,67171	1,75520	1,050	0,61792
0 0	28,320	1,65313	1,05631	0,639	0,41175	1,65731	1,73994	1,050	0,61300
	28,320	1,64926	1,05134	0,637	0,41014	1,65731	1,73994	1,050	0,61300
	29,770	1,63486	1,02905	0,629	0,38924	1,64291	1,72468	1,050	0,60809
	29,770	1,62713	1,01910	0,626	0,38574	1,64291	1,72468	1,050	0,60809
Osa uložení	31,150	1,61369	0,99770	0,618	0,36707	1,62947	1,71043	1,050	0,60350
	31,150	1,61369	0,99770	0,618	0,36707	1,62947	1,71043	1,050	0,60350
Celo	32,300	1,60217	0,97962	0,611	0,35549	1,61795	1,69822	1,050	0,59957

2.7.2. ČAS UVEDENÍ DO PROVOZU , $t_0 = 14,0$ dní , $t = 182,0$ dní

Postup výpočtu - viz kapitola 2.7.1.

$$n_0 = E_a / E_{cm} = n_0 = 5,588 ,$$

$$f_t = 1,200 ,$$

$$y_L = 0,8 ,$$

$$n_L = 5,588 (1 + 0,8 \cdot 1,200) = 7,549$$

Pracovní součinitel: $a_e = n_L = 7,549$

Poloha	Staničení [m]	Průřez vč. kabelů - svislý směr				Průřez vč. kabelů - vodorovný směr			
		SA_i [m ²]	SA_{i,z_T} [m ³]	z_{Ti} [m]	$SI_{y,i}$ [m ⁴]	SA_i [m ²]	SA_{i,y_T} [m ³]	y_{Ti} [m]	$SI_{z,i}$ [m ⁴]
Celo	0,000	1,60296	0,98060	0,612	0,35580	1,61883	1,69874	1,049	0,59997
Osa uložení	1,150	1,61448	0,99842	0,618	0,36714	1,63035	1,71095	1,049	0,60390
	1,150	1,61448	0,99842	0,618	0,36714	1,63035	1,71095	1,049	0,60390
	2,530	1,62792	1,01953	0,626	0,38575	1,64379	1,72520	1,050	0,60849
	2,530	1,63604	1,02998	0,630	0,38942	1,64379	1,72520	1,050	0,60849
0	3,980	1,65044	1,05190	0,637	0,41027	1,65819	1,74046	1,050	0,61341
	3,980	1,65450	1,05712	0,639	0,41197	1,65819	1,74046	1,050	0,61341
	5,430	1,66890	1,07982	0,647	0,43519	1,67259	1,75573	1,050	0,61832
	5,430	1,67702	1,09046	0,650	0,43896	1,67259	1,75573	1,050	0,61832
0	6,880	1,69142	1,11325	0,658	0,46171	1,68699	1,77099	1,050	0,62324
	6,880	1,85088	1,34838	0,729	0,55927	1,84239	1,93571	1,051	0,67794
	9,970	1,88112	1,41330	0,751	0,62200	1,87263	1,96777	1,051	0,68826
	9,970	1,88112	1,41330	0,751	0,62200	1,87263	1,96777	1,051	0,68826
	13,060	1,91184	1,48820	0,778	0,69068	1,90335	2,00033	1,051	0,69875
	13,060	1,91184	1,48820	0,778	0,69068	1,90335	2,00033	1,051	0,69875
Střed rozpětí	16,150	1,94208	1,56702	0,807	0,76015	1,93359	2,03239	1,051	0,70907
	16,150	1,94208	1,56702	0,807	0,76015	1,93359	2,03239	1,051	0,70907
	19,240	1,91184	1,48820	0,778	0,69068	1,90335	2,00033	1,051	0,69875
	19,240	1,91184	1,48820	0,778	0,69068	1,90335	2,00033	1,051	0,69875
	22,330	1,88112	1,41330	0,751	0,62200	1,87263	1,96777	1,051	0,68826
	22,330	1,88112	1,41330	0,751	0,62200	1,87263	1,96777	1,051	0,68826
0	25,420	1,85088	1,34838	0,729	0,55927	1,84239	1,93571	1,051	0,67794
	25,420	1,69142	1,11325	0,658	0,46171	1,68699	1,77099	1,050	0,62324
	26,870	1,67702	1,09046	0,650	0,43896	1,67259	1,75573	1,050	0,61832
	26,870	1,66890	1,07982	0,647	0,43519	1,67259	1,75573	1,050	0,61832
0	28,320	1,65450	1,05712	0,639	0,41197	1,65819	1,74046	1,050	0,61341
	28,320	1,65044	1,05190	0,637	0,41027	1,65819	1,74046	1,050	0,61341
	29,770	1,63604	1,02998	0,630	0,38942	1,64379	1,72520	1,050	0,60849
	29,770	1,62792	1,01953	0,626	0,38575	1,64379	1,72520	1,050	0,60849
Osa uložení	31,150	1,61448	0,99842	0,618	0,36714	1,63035	1,71095	1,049	0,60390
	31,150	1,61448	0,99842	0,618	0,36714	1,63035	1,71095	1,049	0,60390
Celo	32,300	1,60296	0,98060	0,612	0,35580	1,61883	1,69874	1,049	0,59997

2.7.3. ČAS V DOBĚ PŘEPOČTU , $t_0 = 14,0$ dní , $t = 19892,0$ dní

Postup výpočtu - viz kapitola 2.7.1.

$$n_0 = E_a / E_{cm} = n_0 = 5,588 ,$$

$$f_t = 1,905 ,$$

$$y_L = 0,8 ,$$

$$n_L = 5,588 (1 + 0,8 \cdot 1,905) = 8,112$$

Pracovní součinitel: $a_e = n_L = 8,112$

Poloha	Staničení [m]	Průřez vč. kabelů - svislý směr				Průřez vč. kabelů - vodorovný směr			
		SA_i [m ²]	SA_{i,z_T} [m ³]	z_{Ti} [m]	$SI_{y,i}$ [m ⁴]	SA_i [m ²]	SA_{i,y_T} [m ³]	y_{Ti} [m]	$SI_{z,i}$ [m ⁴]
Celo	0,000	1,60582	0,98417	0,613	0,35695	1,62206	1,70066	1,048	0,60145
Osa uložení	1,150	1,61734	1,00105	0,619	0,36740	1,63358	1,71287	1,049	0,60538
	1,150	1,61734	1,00105	0,619	0,36740	1,63358	1,71287	1,049	0,60538
	2,530	1,63078	1,02111	0,626	0,38576	1,64702	1,72711	1,049	0,60997
	2,530	1,64034	1,03340	0,630	0,39009	1,64702	1,72711	1,049	0,60997
0	3,980	1,65474	1,05395	0,637	0,41075	1,66142	1,74238	1,049	0,61488
	3,980	1,65952	1,06009	0,639	0,41275	1,66142	1,74238	1,049	0,61488
	5,430	1,67392	1,08147	0,646	0,43608	1,67582	1,75764	1,049	0,61980
	5,430	1,68347	1,09399	0,650	0,44052	1,67582	1,75764	1,049	0,61980
0	6,880	1,69787	1,11542	0,657	0,46316	1,69022	1,77291	1,049	0,62471
	6,880	1,85805	1,35160	0,727	0,56142	1,84562	1,93763	1,050	0,67942
	9,970	1,88829	1,41466	0,749	0,62461	1,87586	1,96968	1,050	0,68974
	9,970	1,88829	1,41466	0,749	0,62461	1,87586	1,96968	1,050	0,68974
	13,060	1,91901	1,48892	0,776	0,69398	1,90658	2,00225	1,050	0,70023
	13,060	1,91901	1,48892	0,776	0,69398	1,90658	2,00225	1,050	0,70023
Střed rozpětí	16,150	1,94925	1,56766	0,804	0,76383	1,93682	2,03430	1,050	0,71055
	16,150	1,94925	1,56766	0,804	0,76383	1,93682	2,03430	1,050	0,71055
	19,240	1,91901	1,48892	0,776	0,69398	1,90658	2,00225	1,050	0,70023
	19,240	1,91901	1,48892	0,776	0,69398	1,90658	2,00225	1,050	0,70023
	22,330	1,88829	1,41466	0,749	0,62461	1,87586	1,96968	1,050	0,68974
	22,330	1,88829	1,41466	0,749	0,62461	1,87586	1,96968	1,050	0,68974
0	25,420	1,85805	1,35160	0,727	0,56142	1,84562	1,93763	1,050	0,67942
	25,420	1,69787	1,11542	0,657	0,46316	1,69022	1,77291	1,049	0,62471
	26,870	1,68347	1,09399	0,650	0,44052	1,67582	1,75764	1,049	0,61980
	26,870	1,67392	1,08147	0,646	0,43608	1,67582	1,75764	1,049	0,61980
0	28,320	1,65952	1,06009	0,639	0,41275	1,66142	1,74238	1,049	0,61488
	28,320	1,65474	1,05395	0,637	0,41075	1,66142	1,74238	1,049	0,61488
	29,770	1,64034	1,03340	0,630	0,39009	1,64702	1,72711	1,049	0,60997
	29,770	1,63078	1,02111	0,626	0,38576	1,64702	1,72711	1,049	0,60997
Osa uložení	31,150	1,61734	1,00105	0,619	0,36740	1,63358	1,71287	1,049	0,60538
	31,150	1,61734	1,00105	0,619	0,36740	1,63358	1,71287	1,049	0,60538
Celo	32,300	1,60582	0,98417	0,613	0,35695	1,62206	1,70066	1,048	0,60145

2.7.4. ČAS NA KONCI ŽIVOTNOSTI , $t_0 = 14,0$ dní , $t = 36500,0$ dní

Postup výpočtu - viz kapitola 2.7.1.

$$n_0 = E_a / E_{cm} = n_0 = 5,588 ,$$

$$f_t = 1,913 ,$$

$$y_L = 0,8 ,$$

$$n_L = 5,588 (1 + 0,8 \cdot 1,913) = 8,119$$

Pracovní součinitel: $a_e = n_L = 8,119$

Poloha	Staničení [m]	Průřez vč. kabelů - svislý směr				Průřez vč. kabelů - vodorovný směr			
		SA_i [m ²]	SA_{i,z_T} [m ³]	z_{Ti} [m]	$SI_{y,i}$ [m ⁴]	SA_i [m ²]	SA_{i,y_T} [m ³]	y_{Ti} [m]	$SI_{z,i}$ [m ⁴]
Celo	0,000	1,60586	0,98421	0,613	0,35696	1,62210	1,70068	1,048	0,60147
Osa uložení	1,150	1,61738	1,00108	0,619	0,36740	1,63362	1,71289	1,049	0,60540
	1,150	1,61738	1,00108	0,619	0,36740	1,63362	1,71289	1,049	0,60540
	2,530	1,63082	1,02113	0,626	0,38576	1,64706	1,72714	1,049	0,60998
	2,530	1,64039	1,03344	0,630	0,39010	1,64706	1,72714	1,049	0,60998
0	3,980	1,65479	1,05398	0,637	0,41075	1,66146	1,74240	1,049	0,61490
	3,980	1,65958	1,06013	0,639	0,41276	1,66146	1,74240	1,049	0,61490
	5,430	1,67398	1,08149	0,646	0,43609	1,67586	1,75766	1,049	0,61982
	5,430	1,68355	1,09404	0,650	0,44054	1,67586	1,75766	1,049	0,61982
0	6,880	1,69795	1,11544	0,657	0,46318	1,69026	1,77293	1,049	0,62473
	6,880	1,85813	1,35163	0,727	0,56145	1,84566	1,93765	1,050	0,67944
	9,970	1,88837	1,41467	0,749	0,62464	1,87590	1,96971	1,050	0,68976
	9,970	1,88837	1,41467	0,749	0,62464	1,87590	1,96971	1,050	0,68976
	13,060	1,91909	1,48893	0,776	0,69402	1,90662	2,00227	1,050	0,70024
	13,060	1,91909	1,48893	0,776	0,69402	1,90662	2,00227	1,050	0,70024
Střed rozpětí	16,150	1,94933	1,56767	0,804	0,76387	1,93686	2,03432	1,050	0,71056
	16,150	1,94933	1,56767	0,804	0,76387	1,93686	2,03432	1,050	0,71056
	19,240	1,91909	1,48893	0,776	0,69402	1,90662	2,00227	1,050	0,70024
	19,240	1,91909	1,48893	0,776	0,69402	1,90662	2,00227	1,050	0,70024
	22,330	1,88837	1,41467	0,749	0,62464	1,87590	1,96971	1,050	0,68976
	22,330	1,88837	1,41467	0,749	0,62464	1,87590	1,96971	1,050	0,68976
0	25,420	1,85813	1,35163	0,727	0,56145	1,84566	1,93765	1,050	0,67944
	25,420	1,69795	1,11544	0,657	0,46318	1,69026	1,77293	1,049	0,62473
	26,870	1,68355	1,09404	0,650	0,44054	1,67586	1,75766	1,049	0,61982
	26,870	1,67398	1,08149	0,646	0,43609	1,67586	1,75766	1,049	0,61982
0	28,320	1,65958	1,06013	0,639	0,41276	1,66146	1,74240	1,049	0,61490
	28,320	1,65479	1,05398	0,637	0,41075	1,66146	1,74240	1,049	0,61490
	29,770	1,64039	1,03344	0,630	0,39010	1,64706	1,72714	1,049	0,60998
	29,770	1,63082	1,02113	0,626	0,38576	1,64706	1,72714	1,049	0,60998
Osa uložení	31,150	1,61738	1,00108	0,619	0,36740	1,63362	1,71289	1,049	0,60540
	31,150	1,61738	1,00108	0,619	0,36740	1,63362	1,71289	1,049	0,60540
Celo	32,300	1,60586	0,98421	0,613	0,35696	1,62210	1,70068	1,048	0,60147

2.8. PRŮŘEZY S PŘEDPÍNACÍ VÝZTUŽÍ - ÚČINKY OSTATNÍHO STÁLÉHO ZATÍŽENÍ

2.8.1. ČAS UVEDENÍ DO PROVOZU , $t_0 = 98,0$ dní , $t = 182,0$ dní

Do průřezových charakteristik započítáme pouze trvalé kabely; dočasné kabely e11-12 nezapočítáme.

Pracovní součinitel betonu v principu stanovíme podle [9] , čl.4.2.3, str.29:

$$n_L = n_0 (1 + y_L f_t) , \text{ kde:}$$

$$n_0 = E_a / E_{cm} \text{ je poměr modulů pružnosti promkrátkodobé zatížení, } n_0 = 5,588$$

f_t je součinitel dotvarování; pro smršťování betonu lze stáří betonu v okamžiku prvního zatížení uvažovat jako 1 den,

$$f_t = 0,695 ,$$

y_L je násobitel závislý na dotvarovacím součiniteli, součiniteli stárnutí a na vlastnostech příčného řezu částí průřezu.

Pro účely ostatního stálého zatížení uvažujeme hodnotu podle [7] , čl. 5.10.6:

$$y_L = 0,8 ,$$

$$n_L = 5,588 (1 + 0,8 \cdot 0,695) = 7,144$$

Pracovní součinitel: $a_e =$ $n_L =$ 7,144

Poloha	Staničení [m]	Průřez vč. kabelů - svislý směr				Průřez vč. kabelů - vodorovný směr			
		SA_i [m ²]	SA_{i,z_T} [m ³]	z_{Ti} [m]	$S/z_{y,i}$ [m ⁴]	SA_i [m ²]	SA_{i,y_T} [m ³]	y_{Ti} [m]	$S/z_{z,i}$ [m ⁴]
Celo	0,000	1,60090	0,97804	0,611	0,35497	1,61652	1,69737	1,050	0,59891
Osa uložení	1,150	1,61242	0,99653	0,618	0,36696	1,62804	1,70958	1,050	0,60285
	1,150	1,61242	0,99653	0,618	0,36696	1,62804	1,70958	1,050	0,60285
	2,530	1,62586	1,01841	0,626	0,38574	1,64148	1,72383	1,050	0,60743
	2,530	1,63295	1,02753	0,629	0,38895	1,64148	1,72383	1,050	0,60743
0 0	3,980	1,64735	1,05044	0,638	0,40992	1,65588	1,73909	1,050	0,61235
	3,980	1,65090	1,05499	0,639	0,41141	1,65588	1,73909	1,050	0,61235
	5,430	1,66530	1,07863	0,648	0,43455	1,67028	1,75435	1,050	0,61726
	5,430	1,67239	1,08793	0,651	0,43784	1,67028	1,75435	1,050	0,61726
0 0	6,880	1,68679	1,11170	0,659	0,46067	1,68468	1,76962	1,050	0,62218
	6,880	1,84574	1,34608	0,729	0,55771	1,84008	1,93434	1,051	0,67688
	9,970	1,87598	1,41232	0,753	0,62012	1,87032	1,96640	1,051	0,68720
	9,970	1,87598	1,41232	0,753	0,62012	1,87032	1,96640	1,051	0,68720
	13,060	1,90670	1,48769	0,780	0,68829	1,90104	1,99896	1,052	0,69768
	13,060	1,90670	1,48769	0,780	0,68829	1,90104	1,99896	1,052	0,69768
Střed rozpětí	16,150	1,93694	1,56656	0,809	0,75750	1,93128	2,03101	1,052	0,70800
	16,150	1,93694	1,56656	0,809	0,75750	1,93128	2,03101	1,052	0,70800
	19,240	1,90670	1,48769	0,780	0,68829	1,90104	1,99896	1,052	0,69768
	19,240	1,90670	1,48769	0,780	0,68829	1,90104	1,99896	1,052	0,69768
	22,330	1,87598	1,41232	0,753	0,62012	1,87032	1,96640	1,051	0,68720
	22,330	1,87598	1,41232	0,753	0,62012	1,87032	1,96640	1,051	0,68720
0 0	25,420	1,84574	1,34608	0,729	0,55771	1,84008	1,93434	1,051	0,67688
	25,420	1,68679	1,11170	0,659	0,46067	1,68468	1,76962	1,050	0,62218
	26,870	1,67239	1,08793	0,651	0,43784	1,67028	1,75435	1,050	0,61726
	26,870	1,66530	1,07863	0,648	0,43455	1,67028	1,75435	1,050	0,61726
0 0	28,320	1,65090	1,05499	0,639	0,41141	1,65588	1,73909	1,050	0,61235
	28,320	1,64735	1,05044	0,638	0,40992	1,65588	1,73909	1,050	0,61235
	29,770	1,63295	1,02753	0,629	0,38895	1,64148	1,72383	1,050	0,60743
	29,770	1,62586	1,01841	0,626	0,38574	1,64148	1,72383	1,050	0,60743
Osa uložení	31,150	1,61242	0,99653	0,618	0,36696	1,62804	1,70958	1,050	0,60285
	31,150	1,61242	0,99653	0,618	0,36696	1,62804	1,70958	1,050	0,60285
Celo	32,300	1,60090	0,97804	0,611	0,35497	1,61652	1,69737	1,050	0,59891

2.8.2. ČAS V DOBĚ PŘEPOČTU , $t_0 = 98,0$ dní , $t = 19892,0$ dní

Postup výpočtu - viz kapitola 2.8.1.

$$n_0 = E_a / E_{cm} = n_0 = 5,588 ,$$

$$f_t = 1,314 ,$$

$$y_L = 0,8 ,$$

$$n_L = 5,588 (1 + 0,8 \cdot 1,314) = 7,640$$

Pracovní součinitel: $a_e = n_L = 7,640$

Poloha	Staničení [m]	Průřez vč. kabelů - svislý směr				Průřez vč. kabelů - vodorovný směr			
		SA_i [m ²]	SA_{i,z_T} [m ³]	z_{Ti} [m]	$SI_{y,i}$ [m ⁴]	SA_i [m ²]	SA_{i,y_T} [m ³]	y_{Ti} [m]	$SI_{z,i}$ [m ⁴]
Celo	0,000	1,60342	0,98117	0,612	0,35599	1,61936	1,69905	1,049	0,60021
Osa uložení	1,150	1,61494	0,99884	0,619	0,36719	1,63088	1,71126	1,049	0,60414
	1,150	1,61494	0,99884	0,619	0,36719	1,63088	1,71126	1,049	0,60414
	2,530	1,62838	1,01979	0,626	0,38575	1,64432	1,72551	1,049	0,60873
	2,530	1,63673	1,03054	0,630	0,38953	1,64432	1,72551	1,049	0,60873
0	3,980	1,65113	1,05224	0,637	0,41034	1,65872	1,74077	1,049	0,61365
	3,980	1,65531	1,05760	0,639	0,41209	1,65872	1,74077	1,049	0,61365
	5,430	1,66971	1,08008	0,647	0,43533	1,67312	1,75604	1,050	0,61856
	5,430	1,67806	1,09103	0,650	0,43921	1,67312	1,75604	1,050	0,61856
0	6,880	1,69246	1,11360	0,658	0,46195	1,68752	1,77130	1,050	0,62348
	6,880	1,85204	1,34890	0,728	0,55962	1,84292	1,93602	1,051	0,67818
	9,970	1,88228	1,41352	0,751	0,62242	1,87316	1,96808	1,051	0,68850
	9,970	1,88228	1,41352	0,751	0,62242	1,87316	1,96808	1,051	0,68850
	13,060	1,91300	1,48832	0,778	0,69121	1,90388	2,00064	1,051	0,69899
	13,060	1,91300	1,48832	0,778	0,69121	1,90388	2,00064	1,051	0,69899
Střed rozpětí	16,150	1,94324	1,56712	0,806	0,76075	1,93412	2,03270	1,051	0,70931
	16,150	1,94324	1,56712	0,806	0,76075	1,93412	2,03270	1,051	0,70931
	19,240	1,91300	1,48832	0,778	0,69121	1,90388	2,00064	1,051	0,69899
	19,240	1,91300	1,48832	0,778	0,69121	1,90388	2,00064	1,051	0,69899
	22,330	1,88228	1,41352	0,751	0,62242	1,87316	1,96808	1,051	0,68850
	22,330	1,88228	1,41352	0,751	0,62242	1,87316	1,96808	1,051	0,68850
0	25,420	1,85204	1,34890	0,728	0,55962	1,84292	1,93602	1,051	0,67818
	25,420	1,69246	1,11360	0,658	0,46195	1,68752	1,77130	1,050	0,62348
	26,870	1,67806	1,09103	0,650	0,43921	1,67312	1,75604	1,050	0,61856
	26,870	1,66971	1,08008	0,647	0,43533	1,67312	1,75604	1,050	0,61856
0	28,320	1,65531	1,05760	0,639	0,41209	1,65872	1,74077	1,049	0,61365
	28,320	1,65113	1,05224	0,637	0,41034	1,65872	1,74077	1,049	0,61365
	29,770	1,63673	1,03054	0,630	0,38953	1,64432	1,72551	1,049	0,60873
	29,770	1,62838	1,01979	0,626	0,38575	1,64432	1,72551	1,049	0,60873
Osa uložení	31,150	1,61494	0,99884	0,619	0,36719	1,63088	1,71126	1,049	0,60414
	31,150	1,61494	0,99884	0,619	0,36719	1,63088	1,71126	1,049	0,60414
Celo	32,300	1,60342	0,98117	0,612	0,35599	1,61936	1,69905	1,049	0,60021

2.8.3. ČAS NA KONCI ŽIVOTNOSTI , $t_0 = 98,0$ dní , $t = 36500,0$ dní

Postup výpočtu - viz kapitola 2.8.1.

$$n_0 = E_a / E_{cm} = n_0 = 5,588 ,$$

$$f_t = 1,320 ,$$

$$y_L = 0,8 ,$$

$$n_L = 5,588 (1 + 0,8 \cdot 1,320) = 7,644$$

Pracovní součinitel: $a_e = n_L = 7,644$

Poloha	Staničení [m]	Průřez vč. kabelů - svislý směr				Průřez vč. kabelů - vodorovný směr			
		SA_i [m ²]	SA_{i,z_T} [m ³]	z_{Ti} [m]	$SI_{y,i}$ [m ⁴]	SA_i [m ²]	SA_{i,y_T} [m ³]	y_{Ti} [m]	$SI_{z,i}$ [m ⁴]
Celo	0,000	1,60344	0,98120	0,612	0,35600	1,61938	1,69907	1,049	0,60022
Osa uložení	1,150	1,61496	0,99886	0,619	0,36719	1,63090	1,71128	1,049	0,60416
	1,150	1,61496	0,99886	0,619	0,36719	1,63090	1,71128	1,049	0,60416
	2,530	1,62840	1,01980	0,626	0,38575	1,64434	1,72552	1,049	0,60874
	2,530	1,63677	1,03056	0,630	0,38954	1,64434	1,72552	1,049	0,60874
0	3,980	1,65117	1,05225	0,637	0,41035	1,65874	1,74079	1,049	0,61366
	3,980	1,65535	1,05763	0,639	0,41210	1,65874	1,74079	1,049	0,61366
	5,430	1,66975	1,08010	0,647	0,43534	1,67314	1,75605	1,050	0,61857
	5,430	1,67812	1,09106	0,650	0,43923	1,67314	1,75605	1,050	0,61857
0	6,880	1,69252	1,11362	0,658	0,46196	1,68754	1,77132	1,050	0,62349
	6,880	1,85210	1,34893	0,728	0,55963	1,84294	1,93604	1,051	0,67819
	9,970	1,88234	1,41353	0,751	0,62244	1,87318	1,96809	1,051	0,68851
	9,970	1,88234	1,41353	0,751	0,62244	1,87318	1,96809	1,051	0,68851
	13,060	1,91306	1,48833	0,778	0,69124	1,90390	2,00066	1,051	0,69900
	13,060	1,91306	1,48833	0,778	0,69124	1,90390	2,00066	1,051	0,69900
Střed rozpětí	16,150	1,94330	1,56713	0,806	0,76078	1,93414	2,03271	1,051	0,70932
	16,150	1,94330	1,56713	0,806	0,76078	1,93414	2,03271	1,051	0,70932
	19,240	1,91306	1,48833	0,778	0,69124	1,90390	2,00066	1,051	0,69900
	19,240	1,91306	1,48833	0,778	0,69124	1,90390	2,00066	1,051	0,69900
	22,330	1,88234	1,41353	0,751	0,62244	1,87318	1,96809	1,051	0,68851
	22,330	1,88234	1,41353	0,751	0,62244	1,87318	1,96809	1,051	0,68851
0	25,420	1,85210	1,34893	0,728	0,55963	1,84294	1,93604	1,051	0,67819
	25,420	1,69252	1,11362	0,658	0,46196	1,68754	1,77132	1,050	0,62349
	26,870	1,67812	1,09106	0,650	0,43923	1,67314	1,75605	1,050	0,61857
	26,870	1,66975	1,08010	0,647	0,43534	1,67314	1,75605	1,050	0,61857
0	28,320	1,65535	1,05763	0,639	0,41210	1,65874	1,74079	1,049	0,61366
	28,320	1,65117	1,05225	0,637	0,41035	1,65874	1,74079	1,049	0,61366
	29,770	1,63677	1,03056	0,630	0,38954	1,64434	1,72552	1,049	0,60874
	29,770	1,62840	1,01980	0,626	0,38575	1,64434	1,72552	1,049	0,60874
Osa uložení	31,150	1,61496	0,99886	0,619	0,36719	1,63090	1,71128	1,049	0,60416
	31,150	1,61496	0,99886	0,619	0,36719	1,63090	1,71128	1,049	0,60416
Celo	32,300	1,60344	0,98120	0,612	0,35600	1,61938	1,69907	1,049	0,60022

3. MATERIÁLY

3.1. BETON

3.1.1. ZÁKLADNÍ VLASTNOSTI

3.1.1.1. Přehled

Prefabrikované nosníky byly vyrobeny z betonu druhu 500, který odpovídá současné třídě C35/45.

Vlastnosti použitého betonu jsou podle [7] následující:

Charakteristická pevnost v tlaku:	$f_{ck} =$	35,0	MPa		
Střední pevnost v tlaku:	$f_{cm} =$	43,0	MPa		
Střední pevnost v tahu:	$f_{ctm} =$	3,210	MPa	\approx	3,200 MPa
Dolní charakt. hodnota pevnosti v tahu:	$f_{ctk0,05} =$	2,240	MPa	\approx	2,200 MPa
Horní charakt. hodnota pevnosti v tahu:	$f_{ctk0,95} =$	4,160	MPa	\approx	4,200 MPa
Modul pružnosti:	$E_{cm} =$	34,077	GPa	\approx	34,000 GPa
Součinitel teplotní délkové roztažnosti ...					0,000010 K ⁻¹

V době návrhu mostu platila "Směrnice" [16]. V této směrnici jsou uvedeny parametry betonu pouze do druhu 330. Parametry použitého betonu (druh 500) tedy převezmeme z následující normy [17]

Vlastnosti betonu druhu 500 jsou podle [17] následující:

Modul pružnosti ...	$E_c =$	38,50	GPa
Dovolené namáhání betonu v tlaku - v tlačené oblasti při hlavním zatížení ...	$s_{b,dov} =$	16,00	MPa
Dovolené namáhání betonu v tlaku - v tažené oblasti při hlavním zatížení ...	$s_{b,dov} =$	18,00	MPa
Dovolené namáhání betonu v tahu - v tlačené oblasti při hlavním zatížení -			
- před a po zavedení předpětí ...	$s_{b,dov} =$	1,05	MPa
- po zavedení veškerých stálých zatížení ...	$s_{b,dov} =$	0,00	MPa
Dovolené namáhání betonu v tahu - v tažené oblasti při hlavním zatížení -			
- při plném předpětí ...	$s_{b,dov} =$	0,00	MPa

V srpnu 2016 byla provedena **diagnostika nosné konstrukce**. Pevnost betonu byla zjišťována destruktivně i nedestruktivně; destruktivně byla zjišťována na vývrtech o průměru 74 mm, které byly odebírány jak z prefabrikovaných nosníků (vzorky jsou značeny P), tak i z monolitických podélných spár (vzorky jsou značeny Z). Výsledky jsou uvedeny v následující tabulce:

Vzorek č.	Výška vývrtu [mm]	Objem. hmotnost [kg/m ³]	Pevnost v tlaku [MPa]
N1	97,0	2363,0	27,1
N2	99,7	2386,0	26,8
N3	96,7	2406,0	58,7
Z1	106,3	2324,0	35,6
Z2	96,2	2379,0	34,2
Z3	98,8	2364,0	30,5

Nedestruktivně byla pevnost betonu v tlaku zjišťována Schmidovým tvrdoměrem. U betonu prefabrikovaných nosníků byla naměřena pevnost betonu v tlaku v rozmezí 64,6 MPa až 69,5 MPa, u monolitických spár byla naměřena pevnost betonu v tlaku v rozmezí 71,8 MPa až 73,0 MPa.

Hodnoty pevností naměřené destruktivně vycházejí poměrně nízké, hodnoty naměřené nedestruktivně vycházejí naopak poměrně vysoké. Pro základní verzi výpočtu budeme uvažovat parametry betonu C35/45, vliv změny pevnosti betonu bude následně sledován v souvisejících parametrických výpočtech.

3.1.1.2. Vlastnosti použité pro výpočet

Výpočet zatížitelnosti je proveden opakovaně s různými vstupními parametry. V tomto případě uvažujeme materiálové vlastnosti podle EN, tzn.:

Charakteristická pevnost v tlaku:	$f_{ck} =$	35,0	MPa	
Střední pevnost v tlaku:	$f_{cm} =$	43,0	MPa	
Střední pevnost v tahu:	$f_{ctm} =$	3,210	MPa	\approx 3,200 MPa
Dolní charakt. hodnota pevnosti v tahu:	$f_{ctk0,05} =$	2,240	MPa	\approx 2,200 MPa
Horní charakt. hodnota pevnosti v tahu:	$f_{ctk0,95} =$	4,160	MPa	\approx 4,200 MPa
Modul pružnosti:	$E_{cm} =$	34,077	GPa	\approx 34,000 GPa
Součinitel teplotní délkové roztažnosti ...				0,000010 K ⁻¹
Rok realizace ...	1962	=>	stáří konstrukce při přepočtu v r.	2016 ...
...	54 let	>	30 let	
Vlastnosti betonu stanoveny zkouškami ...				$\left. \vphantom{\begin{matrix} 1962 \\ 54 \text{ let} \end{matrix}} \right\} g_c = 1,35$

Návrhová pevnost v tlaku:	$f_{cd} =$	0,90	$\frac{35,0}{1,35}$	=	23,333	MPa
	$h =$	1,00				
	$h f_{cd} =$	1,00	23,33	=	23,333	MPa

Vlastnosti v čase $t = 14,0$ dní: (předpokládaný čas vnesení předpětí)

Předpokládaná třída cementu ($1 = R, 2 = N, 3 = S$): $2 \Rightarrow s = 0,25$

$$b_{cc}(t) = \exp \left[s \left(\frac{t}{t_p} \right)^{\frac{1}{2}} - \sqrt{\frac{28}{t}} \right]$$

$$b_{cc}(t) = 0,902$$

$$f_{cm}(t) = 0,902 \cdot 43,0 = 38,770 \text{ MPa}$$

$$f_{ck}(t) = 38,770 - 8,000 = 30,770 \text{ MPa}$$

$$a = 1,00 \quad (\text{pro } t < 28 \text{ dní})$$

$$f_{ctm}(t) = 0,902^{1,00} \cdot 3,200 = 2,885 \text{ MPa}$$

$$E_{cm}(t) = \left(\frac{f_{cm}(t)}{f_{cm}} \right)^{0,3} E_{cm} =$$

$$= \left(\frac{38,770}{43,0} \right)^{0,3} 34,000 = 32,960 \text{ GPa}$$

Ověření konstrukce v MSP - beton starší než 28 dní:

$$\text{charakteristická kombinace ...} \quad 0,60 \quad 35,0 = 21,000 \text{ MPa}$$

$$\text{kvazistálá kombinace ...} \quad 0,45 \quad 35,0 = 15,750 \text{ MPa}$$

Ověření konstrukce v MSP - beton mladší než 28 dní:

$$\text{charakteristická kombinace ...} \quad 0,60 \quad 30,770 = 18,462 \text{ MPa}$$

$$\text{kvazistálá kombinace ...} \quad 0,45 \quad 30,770 = 13,846 \text{ MPa}$$

$$\text{kvazistálá kombinace ...} \quad 1,00 \quad 2,885 = 2,885 \text{ MPa}$$

3.1.2. SMRŠŤOVÁNÍ BETONU

3.1.2.1. Podle ČSN EN 1992

Smršťování betonu bylo pro uvažované časové etapy spočítáno podle normy [7] .

Autogenní smršťování:

Etapa	t [dny]	$e_{ca}(\infty)$		$b_{as}(t)$	$e_{ca}(t)$
		f_{ck} [MPa]	$e_{ca}(\infty)$		
Betonáž nosníku	0,0	35,0	6,25E-05	0,000000	0,000000
Ukončení ošetřování	5,0	35,0	6,25E-05	0,360593	0,000023
Vnesení předpětí	14,0	35,0	6,25E-05	0,526845	0,000033
Vnesení ostatního stálého zatížení	98,0	35,0	6,25E-05	0,861917	0,000054
Uvedení do provozu	182,0	35,0	6,25E-05	0,932670	0,000058
Stáří konstrukce v době přepočtu	19892,0	35,0	6,25E-05	1,000000	0,000062
Konec životnosti	36500,0	35,0	6,25E-05	1,000000	0,000063

Smršťování z vysychání:

t [dny]	t_s [dny]	f_{cm} [MPa]	f_{cm0} [MPa]	α_{ds1}	α_{ds2}	RH [%]	RH_0 [%]	b_{RH}	$e_{cd,0}$
0,0	5,0	43,00	10,00	4,00	0,12	70,00	100,00	1,018	0,000341
5,0	5,0	43,00	10,00	4,00	0,12	70,00	100,00	1,018	0,000341
14,0	5,0	43,00	10,00	4,00	0,12	70,00	100,00	1,018	0,000341
98,0	5,0	43,00	10,00	4,00	0,12	70,00	100,00	1,018	0,000341
182,0	5,0	43,00	10,00	4,00	0,12	70,00	100,00	1,018	0,000341
19892,0	5,0	43,00	10,00	4,00	0,12	70,00	100,00	1,018	0,000341
36500,0	5,0	43,00	10,00	4,00	0,12	70,00	100,00	1,018	0,000341

t [dny]	h_0 [mm]	k_h	$b_{ds}(t, t_s)$	$e_{cd}(t)$
0,0	265	0,78	0,000000	0,000000
5,0	265	0,78	0,000000	0,000000
14,0	265	0,78	0,049541	0,000013
98,0	265	0,78	0,350061	0,000094
182,0	265	0,78	0,506195	0,000135
19892,0	265	0,78	0,991392	0,000265
36500,0	265	0,78	0,995291	0,000266

Smršťování podle EN1992-1-1, vše:

t [dny]	Název etapy	$e_{ca}(t)$	$e_{cd}(t)$	$e_{cs}(t)$
0,0	Betonáž nosníku	0,000000	0,000000	0,000000
5,0	Ukončení ošetřování	0,000023	0,000000	0,000023
14,0	Vnesení předpětí	0,000033	0,000013	0,000046
98,0	Vnesení ostatního stálého zatížení	0,000054	0,000094	0,000148
182,0	Uvedení do provozu	0,000058	0,000135	0,000194
19892,0	Stáří konstrukce v době přepočtu	0,000062	0,000265	0,000328
36500,0	Konec životnosti	0,000063	0,000266	0,000329

3.1.2.2. Podle původní normy

Podle [16] se smršťování betonu spočítá pomocí vztahu:

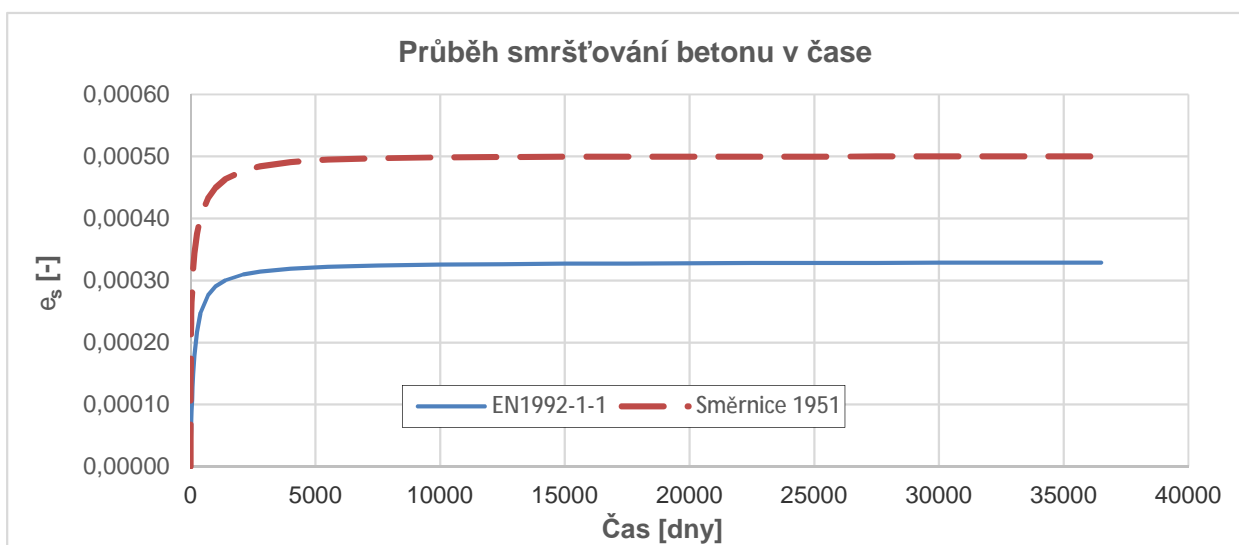
$$\frac{Dl}{l} = 0,0005 \cdot (1 - e^{-T^{1/2}})^{1/2}, \text{ kde:}$$

- Dl je délkové smrštění,
 l je původní délka,
 e je základ přirozených logaritmů,
 T je doba smršťování v rocích (počítaná od vybetonování, při eventuálním počátečním uložení ve vodě pak od konce vodního uložení).

Etapa	T	T	"Konečné smrštění" [-]	"Odmocnina" [-]	Dl/l [-]
	[dny]	[roky]			
Betonáž nosníku	0,0	0,00	0,0005	0,00000	0,00000
Ukončení ošetřování	5,0	0,01	0,0005	0,33234	0,00017
Vnesení předpětí	14,0	0,04	0,0005	0,42174	0,00021
Vnesení ostatního stálého zatížení	98,0	0,27	0,0005	0,63591	0,00032
Uvedení do provozu	182,0	0,50	0,0005	0,71166	0,00036
Stáří konstrukce v době přepočtu	19892,0	54,50	0,0005	0,99969	0,00050
Konec životnosti	36500,0	100,00	0,0005	0,99998	0,00050

3.1.2.3. Porovnání průběhu smršťování podle současné a původní normy

V následujícím grafu je vynesena průběh smršťování betonu, spočítaný podle současné i podle původní normy pro případ dané konstrukce.



3.1.3. DOTVAROVÁNÍ BETONU

3.1.3.1. Podle ČSN EN 1992

Dotvarování betonu bylo pro uvažované časové etapy spočítáno podle normy [7] .

$t_0 =$ 14,00 dní

t [dny]	$t_{0,T}$ (platí pro 20°C)	a	t_0 (vč. vlivu druhu cementu)	f_{cm} [MPa]	RH [%]	h_0 [mm]	a_1	a_2	a_3
0,0	14,00	0,00	14,00	43,00	70,00	265	0,866	0,960	0,902
5,0	14,00	0,00	14,00	43,00	70,00	265	0,866	0,960	0,902
14,0	14,00	0,00	14,00	43,00	70,00	265	0,866	0,960	0,902
98,0	14,00	0,00	14,00	43,00	70,00	265	0,866	0,960	0,902
182,0	14,00	0,00	14,00	43,00	70,00	265	0,866	0,960	0,902
19892,0	14,00	0,00	14,00	43,00	70,00	265	0,866	0,960	0,902
36500,0	14,00	0,00	14,00	43,00	70,00	265	0,866	0,960	0,902

t [dny]	f_{RH}	$b(f_{cm})$	$b(t_0)$	f_0	b_H pro $f_{cm} \leq 35 \text{ MPa}$	b_H pro $f_{cm} > 35 \text{ MPa}$	b_H	$b_c(t - t_0)$	$f(t, t_0)$
0,0	1,348	2,562	0,557	1,923	664,913	640,462	640,462	0,000	0,000
5,0	1,348	2,562	0,557	1,923	664,913	640,462	640,462	0,000	0,000
14,0	1,348	2,562	0,557	1,923	664,913	640,462	640,462	0,000	0,000
98,0	1,348	2,562	0,557	1,923	664,913	640,462	640,462	0,524	1,008
182,0	1,348	2,562	0,557	1,923	664,913	640,462	640,462	0,624	1,200
19892,0	1,348	2,562	0,557	1,923	664,913	640,462	640,462	0,991	1,905
36500,0	1,348	2,562	0,557	1,923	664,913	640,462	640,462	0,995	1,913

$t_0 =$ 98,00 dní

t [dny]	$t_{0,T}$ (platí pro 20°C)	a	t_0 (vč. vlivu druhu cementu)	f_{cm} [MPa]	RH [%]	h_0 [mm]	a_1	a_2	a_3
0,0	98,00	0,00	98,00	43,00	70,00	265	0,866	0,960	0,902
5,0	98,00	0,00	98,00	43,00	70,00	265	0,866	0,960	0,902
14,0	98,00	0,00	98,00	43,00	70,00	265	0,866	0,960	0,902
98,0	98,00	0,00	98,00	43,00	70,00	265	0,866	0,960	0,902
182,0	98,00	0,00	98,00	43,00	70,00	265	0,866	0,960	0,902
19892,0	98,00	0,00	98,00	43,00	70,00	265	0,866	0,960	0,902
36500,0	98,00	0,00	98,00	43,00	70,00	265	0,866	0,960	0,902

t [dny]	f_{RH}	$b(f_{cm})$	$b(t_0)$	f_0	b_H pro $f_{cm} \leq 35 \text{ MPa}$	b_H pro $f_{cm} > 35 \text{ MPa}$	b_H	$b_c(t - t_0)$	$f(t, t_0)$
0,0	1,348	2,562	0,384	1,327	664,913	640,462	640,462	0,000	0,000
5,0	1,348	2,562	0,384	1,327	664,913	640,462	640,462	0,000	0,000
14,0	1,348	2,562	0,384	1,327	664,913	640,462	640,462	0,000	0,000
98,0	1,348	2,562	0,384	1,327	664,913	640,462	640,462	0,000	0,000
182,0	1,348	2,562	0,384	1,327	664,913	640,462	640,462	0,524	0,695
19892,0	1,348	2,562	0,384	1,327	664,913	640,462	640,462	0,990	1,314
36500,0	1,348	2,562	0,384	1,327	664,913	640,462	640,462	0,995	1,320

3.1.3.2. Podle původní normy

Dotvarování betonu bylo pro uvažované časové etapy spočítáno podle normy [16].

Stanoví se pomocí vztahu:

$$p = 5 \cdot \frac{\sigma}{E} \left(1 - e^{-T^{1/2}} \right)^{1/2} - \left(1 - e^{-T_0^{1/2}} \right)^{1/2} \cdot \dot{\epsilon} \quad , \text{ kde:}$$

T_0 je stáří betonu v rocích od vybetonování až do začátku působení uvažovaného namáhání,

T je stáří betonu v rocích od vybetonování až do doby, kdy uvažované zatížení přestalo působit, eventuálně až do sledovaného okamžiku, jestliže zatížení působí i nadále.

$T_0 = 14,00$ dní

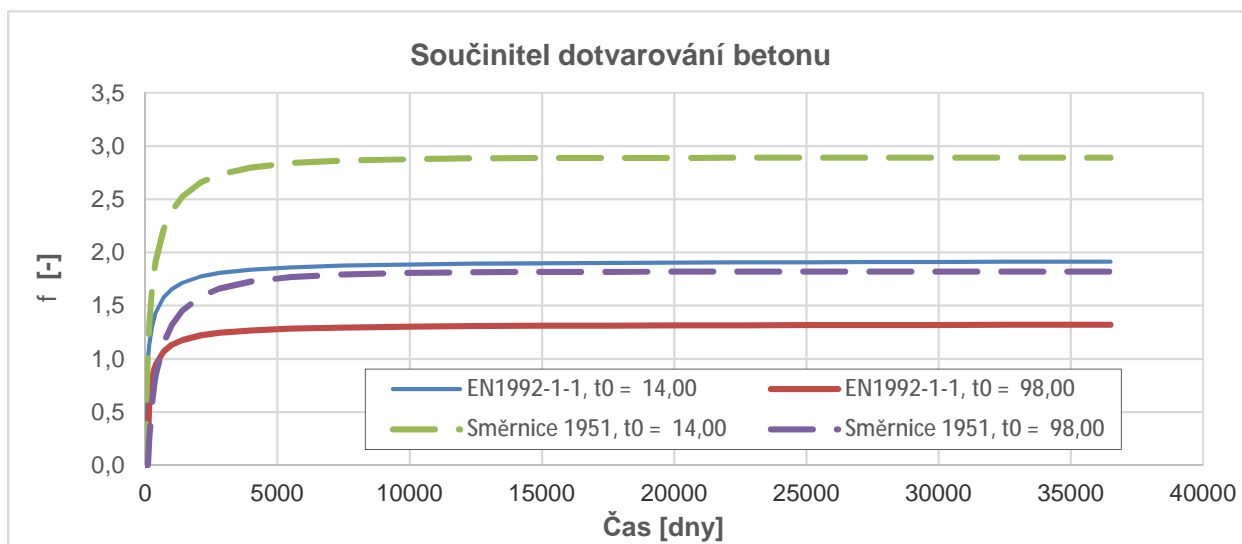
T [dny]	T [roky]	T_0 [dny]	T_0 [roky]	První "odmoc- nina"	Druhá "odmoc- nina"	p_0	p
0,0	0,0	14,0	0,038	0,00000	0,42174	5,0	0,000
5,0	0,0	14,0	0,038	0,33234	0,42174	5,0	0,000
14,0	0,0	14,0	0,038	0,42174	0,42174	5,0	0,000
98,0	0,3	14,0	0,038	0,63591	0,42174	5,0	1,071
182,0	0,5	14,0	0,038	0,71166	0,42174	5,0	1,450
19892,0	54,5	14,0	0,038	0,99969	0,42174	5,0	2,890
36500,0	100,0	14,0	0,038	0,99998	0,42174	5,0	2,891

$T_0 = 98,00$ dní

T [dny]	T [roky]	T_0 [dny]	T_0 [roky]	První "odmoc- nina"	Druhá "odmoc- nina"	p_0	p
0,0	0,0	98,0	0,268	0,00000	0,63591	5,0	0,000
5,0	0,0	98,0	0,268	0,33234	0,63591	5,0	0,000
14,0	0,0	98,0	0,268	0,42174	0,63591	5,0	0,000
98,0	0,3	98,0	0,268	0,63591	0,63591	5,0	0,000
182,0	0,5	98,0	0,268	0,71166	0,63591	5,0	0,379
19892,0	54,5	98,0	0,268	0,99969	0,63591	5,0	1,819
36500,0	100,0	98,0	0,268	0,99998	0,63591	5,0	1,820

3.1.3.3. Porovnání součinitele dotvarování podle současné a původní normy

V následujícím grafu je vynesena průběh součinitele dotvarování v čase, spočítaný podle současné i podle původní normy pro případ daného mostu a pro stáří betonu při vnesení zatížení 14 dní (uvažovaný čas vnesení předpětí) a 98 dní (uvažovaný čas vnesení ostatního stálého zatížení).



3.2. PŘEDPÍNAČÍ VÝZTUŽ

3.2.1. PŘEHLED VLASTNOSTÍ

Nosníky mostu přes Chodovskou ulici byly předepnuty pomocí kabelů z patentovaných drátů $f P 4,5$ mm.

V době zpracování Typového podkladu byla v platnosti Směrnice pro navrhování mostů [16]. Součástí dochované původní realizační dokumentace mostu je i statický výpočet, z jehož uspořádání je zřejmé, že byl rovněž zpracován podle uvedené Směrnice.

Ve Směrnici se uvádělo, že - pokud se ve statickém výpočtu stavby nepředpokládá hodnotnější materiál - musí mít ocel pro předpínací výztuž alespoň tyto vlastnosti:

mez průtažnosti (mez 0,2%) ...	6500	kg/cm ² ≈	650,0	MPa
mez pevnosti ...	9000	kg/cm ² ≈	900,0	MPa
tažnost ...	4,00	%		

V projektové dokumentaci mostu [12] se uvádějí následující parametry použité předpínací výztuže:

mez pevnosti ...	1650,0	MPa
mez průtažnosti (0,2%) ...	1200,0	MPa
dovolené namáhání při napínání ...	1122,0	MPa
modul pružnosti ...	190,0	GPa

Rekapitulace vlastností předpínací oceli podle původní normy (Směrnice) a projektové dokumentace:

Jmenovitý průměr	Zaručená nejmenší pevnost v tahu	Zaručená nejmenší mez pružnosti ($s_{0,2}$) ¹⁾	Značka drátu ve výkresech	E_p (hladké dráty prům. 3,5-7mm)
[mm]	[kg/mm ²]	[kg/mm ²]		[GPa]
45,0	1650,0	1200,0	ř P4,5	190,0

Poznámky:

¹⁾ Mez pružnosti bylo podle ČSN 42 0310 napětí, při němž trvalé protažení se rovná 0,2% původní délky; označuje se $s_{0,2}$,

²⁾ Tažností se podle této normy rozumí poměrné prodloužení při přetržení v procentech při měrné délce 20 jmenovitých průměrů.

Maximálního napětí při napínání:

$$s_{P,max} = 1122,0 \text{ MPa}$$

Podle [1] jsou vlastnosti použité předpínací oceli následující:

Charakteristická hodnota pevnosti předpínací výztuže v tahu: $f_{pk} = 1650,0 \text{ MPa}$

Smluvní mez pružnosti: $s_{0,2} = 1200,0 \text{ MPa}$

Na základě diagnostického průzkumu [13] a [14] byly zjištěny následující vlastnosti patentovaných drátů:

Č.	Průměr drátu [mm]	Plocha drátu [mm ²]	Síla			Napětí		
			$F_{P0,1}$ [kN]	$F_{P0,2}$ [kN]	F_{Pm} [kN]	$s_{0,1}$ [MPa]	$s_{0,2}$ [MPa]	R_m [MPa]
PV1	4,5	15,896			28,6			1799,2
PV2	4,5	15,896			27,6			1736,3
PV3	4,5	15,896			28,2			1774,0
PV4	4,5	15,896			28,4			1786,6
PV5	4,5	15,896			28,3			1780,3
L1	4,5	15,896	22,2	24,0	27,6	1396,6	1509,8	1736,3
L2	4,5	15,896	20,3	23,1	27,9	1277,0	1453,2	1755,1
Průměr	4,5	15,896	21,3	23,6	28,1	1336,8	1481,5	1766,8

Č.	Tažnost A_{gt} [%] [%]	E_p [GPa]
PV1		
PV2		
PV3		
PV4		
PV5		
L1	2,5	199,0
L2	3,0	199,0
Průměr	2,8	199,0

3.2.2. VLASTNOSTI POUŽITÉ PRO VÝPOČET

V této verzi výpočtu uvažujeme vlastnosti materiálů podle normy:

Průměr drátu uvažovaný ve výpočtu: $f = 4,5 \text{ mm}$

Maximální napětí předpínací výztuže při napínání: $s_{p,max} = 1122,0 \text{ MPa}$

Charakteristická pevnost v tahu: $f_{pk} = 1650,0 \text{ MPa}$

Charakteristická smluvní mez kluzu 0,1%:

(podle diagnostiky, hodnota upravená v poměru "normové" a změřené hodnoty pevnosti):

$$f_{p0,1k} = 1336,8 \cdot \frac{1650,0}{1766,8} = 1248,4 \text{ MPa}$$

Pro některé výpočty je rovněž nutná hodnota $s_{0,2}$, kterou pro výpočty s uvažováním parametrů podle normy uvažujeme takto:

$$s_{0,2} = 1200,0 \text{ MPa}$$

Rok realizace ... 1962 => stáří konstrukce při přepočtu v r. 2016 ...

... 54 let > 30 let => $g_s = 1,10$

Návrhové napětí v předpínací výztuži: $f_{pd} = \frac{f_{p0,1k}}{g_c} = \frac{1248,4}{1,10} = 1134,919 \text{ MPa}$

Modul pružnosti: $E_p = 190,0 \text{ GPa}$

Ověření hodnoty maximálního napětí v předpínací výztuži podle současné normy ČSN EN 1992 - [7]
a [8] :

$$\begin{aligned} s_{p,max} &= \min \{ 0,8 \cdot f_{pk} ; 0,9 \cdot f_{p0,1k} \} = \\ &= \min \{ 0,8 \cdot 1650,0 ; 0,9 \cdot 1248,4 \} = \\ &= \min \{ 1320,0 ; 1123,569 \} = 1123,6 \text{ MPa} \end{aligned}$$

Tato hodnota maximálního napětí při napínání přibližně odpovídá hodnotě uvažované podle původní dokumentace => vyhoví.

Posouzení MSP:

střední hodnota předpínací síly .. $0,75 \cdot 1650,000 = 1237,500 \text{ MPa}$

3.2.3. RELAXACE PŘEDPÍNAČÍ VÝZTUŽE

Podle [7] mají výpočty ztrát relaxací předpínací oceli vycházet z hodnoty r_{1000} , tj. ztráty relaxací 1000 hodin po napnutí při průměrné teplotě 20°C.

Hodnota r_{1000} je vyjádřena procentním podílem počátečního napětí a stanovuje se pro počáteční napětí $0,7f_p$, kde f_p je skutečná pevnost v tahu vzorků předpínací oceli. Pro návrhové výpočty se používá charakteristická pevnost v tahu (f_{pk}) a ta se uvažuje v následujících výrazech.

V normě [7] jsou definovány tři třídy relaxačního chování:

- třída 1: dráty nebo lana s normální relaxací,
- třída 2: dráty nebo lana s nízkou relaxací,
- třída 3: za tepla válcované a upravené tyče.

Ztráta relaxací může být získána z protokolů certifikačních zkoušek výrobce nebo definována procentním poměrem změny předpínacího napětí k počátečnímu předpínacímu napětí; má být stanovena z níže uvedených výrazů:

$$\text{- třída 1: } \frac{Ds_{pr}}{s_{pi}} = 5,39 \cdot r_{1000} \cdot e^{6,7m} \cdot (t/1000)^{0,75(1-m)} \cdot 10^{-5}$$

$$\text{- třída 2: } \frac{Ds_{pr}}{s_{pi}} = 0,66 \cdot r_{1000} \cdot e^{9,1m} \cdot (t/1000)^{0,75(1-m)} \cdot 10^{-5}$$

$$\text{- třída 3: } \frac{Ds_{pr}}{s_{pi}} = 1,98 \cdot r_{1000} \cdot e^{8m} \cdot (t/1000)^{0,75(1-m)} \cdot 10^{-5}, \text{ kde:}$$

Ds_{pr} je absolutní hodnota relaxačních ztrát předpětí,

s_{pi} je (při dodatečném předpínání) absolutní hodnota počátečního předpětí ($s_{pi} = s_{pm0}$),

t je doba po napnutí v hodinách,

$$m = \frac{s_{pi}}{f_{pk}},$$

r_{1000} je hodnota relaxační ztráty (v %) 1000 hodin po napnutí při průměrné teplotě 20°C.

Hodnoty r_{1000} se mohou předpokládat rovné: 8% pro třídu 1; 2,5% pro třídu 2 a 4% pro třídu 3; nebo se uvažují hodnoty podle certifikátu.

Dlouhodobé (konečné) hodnoty ztrát relaxací lze odhadnout pro $t = 500\,000$ hodin (přibližně 57 let).

Výsledná hodnota relaxace oceli závisí také na deformaci betonu vyvolané dotvarováním a smršťováním. Tato interakce může být obecně a přibližně zohledněna redukčním součinitelem, pro který se v normě [7] doporučuje hodnota: 0,8.

V tomto výpočtu uvažujeme pro redukční součinitel hodnotu 0,8, aby bylo dosaženo přiměřeného souladu mezi spočítanou a naměřenou hodnotou předpínací síly.

Ztráty relaxací jsou velmi citlivé na teplotu. Pokud je použito tepelné ošetřování (např. párou), je nutno výpočet relaxace upravit podle [7]. Pokud je teplota větší než 50°C, mají se ztráty relaxací ověřit.

Podle [16], tzn. "Směrnice" platné v době návrhu konstrukce, se konečná hodnota relaxace uvažovala podle následující tabulky (pokud nebyly zkouškami stanoveny hodnoty přesnější):

Napětí předpínací výztuže jako násobek zaručené nejmenší nebo zvýšené meze pružnosti	Konečný úbytek napětí předpínací výztuže jako násobek tohoto napětí
0,50	0,000
0,85	0,004
1,00	0,020

Průběh relaxace v čase ani čas, ve kterém by se předpokládalo ukončení relaxace, nejsou ve "Směrnici" uvedeny. Pro výpočty podle původní normy budeme proto uvažovat hodnoty podle následující normy [17]

Podle této normy se předpokládalo, že relaxace dosáhne konečné hodnoty 1 rok po napnutí. Průběh relaxace v mezilehlých časech se uvažoval podle následující tabulky:

Doba působení napětí předpínací výztuže			Úbytek napětí předpínací výztuže jako násobek konečného úbytku
minut	hodin	dní	
2,000	0,033	0,001	0,20
3,000	0,050	0,002	0,23
5,000	0,083	0,003	0,26
10,000	0,167	0,007	0,31
20,000	0,333	0,014	0,36
	1,000	0,042	0,43
	2,000	0,083	0,48
	3,000	0,125	0,50
	6,000	0,250	0,55
	12,000	0,500	0,60
		1,000	0,64
		2,000	0,68
		3,000	0,71
		7,000	0,76
		14,000	0,80
		28,000	0,85
		91,000	0,96
		365,000	1,00

Podle [16] nebylo nutno relaxaci předpínací výztuže ve výpočtu uvažovat, pokud se výztuž namáhala při napínání přechodně po dobu alespoň 15 minut silou o 10% větší, než bylo předepsané předpětí, pak se odlehčila na požadované napětí a při něm zakotvila.

Relaxaci nebylo nuto uvažovat ani v případě, že se výztuž napnula na součet předepsaného předpětí a pravděpodobné ztráty relaxací a při tomto napětí se zakotvila.

U předem předpjatých konstrukcí se předpokládalo, že veškerá relaxace proběhne před koncem tuhnutí betonu.

Konečná hodnota relaxace podle [16] :

- napětí předpínací výztuže při napínání ... $s_{P,max} = 1122,0$ MPa
- uvažovaná mez pružnosti ... $s_{0,2} = 1200,0$ MPa

$$\frac{s_{P,max}}{s_{0,2}} = \frac{1122,0}{1200,0} = 0,935 \Rightarrow \text{konečná relaxace} = 0,013$$

Průběh relaxace v čase budeme uvažovat podle [7] - konkrétně podle vztahu pro třídu oceli 1 (dráty a lana s normální relaxací).

Výsledná hodnota relaxace uvažovaná ve výpočtu zde byla nakonec ještě upravena tak, aby spočítané hodnoty předpínací síly přiměřeně odpovídaly naměřeným hodnotám, zjištěným v rámci provedené diagnostiky. Definitivně uvažované hodnoty jsou v tomto případě následující (viz též níže):

$$\begin{aligned} - \text{hodnota } r_{1000} & \dots 0,01 = 1,00 \% \\ - \text{hodnota } \frac{D_{s_{pr}}}{s_{pi}} \text{ na konci relaxace (po 50 000 hodinách) } & \dots 0,023 = 2,28 \% \end{aligned}$$

Na celkových ztrátách předpětí se podílí řada vlivů - zde není prvořadým cílem rozdělit ztráty podrobně mezi jednotlivé vlivy, ale především dosáhnout reálných hodnot celkových ztrát v jednotlivých časových etapách.

Měření předpínací síly, jehož výsledky jsou uvedeny v [14], bylo provedeno na dvou drátech v místě, které se nacházelo na pravém dolním rohu pravého nosníku ve směru staničení ve vzdálenosti cca 4,0 m od opěry O02 a ve výšce cca 0,1 m nad dolním lícem nosníku. Podle výkresové dokumentace se jedná o kabel č. 1.

Každý kabel byl pravděpodobně napínán jednostranně, přičemž poloha napínané a nenapínané kotvy byla u jednotlivých kabelů zřejmě prostřídána. Není známo, ze které strany byl napínán konkrétně tento kabel, ale hodnoty předpínací síly nejsou po délce nosníku výrazně nerovnoměrně rozloženy (zejména v důsledku tření), čemuž zřejmě napomáhá i téměř přímá osa těchto kabelů.

Spočítaná hodnota síly v uvedené vzdálenosti od konce nosníku (průměr hodnoty "vlevo" a "vpravo") a v době provádění přepočtu a diagnostiky:

$$P_{\check{c}.1} = 279,646 \text{ kN/1 kabel}$$

Odpovídající **spočítaná** síla v jednom drátu:

$$P_{1dr,spo\check{c}.} = \frac{279,646}{20} = 13,982 \text{ kN}$$

Síla v jednom drátu **změřená** v rámci diagnostiky:

$$\begin{aligned} P_{1dr,m\check{e}\check{r}.,1} &= 16,000 \text{ kN} \Rightarrow s_p = 16000,0 / 15,89625 = 1006,527 \\ P_{1dr,m\check{e}\check{r}.,2} &= 15,100 \text{ kN} \Rightarrow s_p = 15100,0 / 15,89625 = 949,910 \end{aligned}$$

MPa,

tzn.:

$$\begin{aligned} P_{1dr,m\check{e}\check{r}.,1} &= (1006,527 / 1122,0) \cdot P_{max} = 0,897 P_{max} \\ P_{1dr,m\check{e}\check{r}.,2} &= (949,910 / 1122,0) \cdot P_{max} = 0,847 P_{max} \end{aligned}$$

tomu odpovídají celkové ztráty v daném místě a v čase měření:

$$\begin{aligned} DP_1 &= 10,292 \% \\ DP_2 &= 15,338 \% \end{aligned}$$

Výsledky **měření** předpínací síly i u dalších mostů jsou uvedeny v kapitole 1.3. S využitím výsledků výpočtů i porovnání naměřených hodnot lze považovat za pravděpodobné, že ztráty v daném místě a čase činí cca 20,00 %.

Odpovídající ztráty stanovené **výpočtem** (ve stejném místě a čase) ...

$$100 - \frac{13,9823}{17,8356} \cdot 100,00 = 21,6$$

(hodnoty bylo dosaženo zkusmo na základě výše uvedeného principu).

Odpovídající hodnota konečné relaxace uvažovaná ve výpočtu je: 0,023

Ztráty spočítané pro čas na konci životnosti a pro průřez uprostřed rozpětí pro **veškerou** předpínací výztuž činí za těchto předpokladů:

$$29,45 \quad \%$$

Výpočet průběhu relaxace (dle [7]):

t [dny]	t [hodiny]	t [min]	r_{1000} [%]	S_{pi} [MPa]	f_{pk} [MPa]	m [-]	Ds_{pr} / S_{pi} [-]	Uvažovaný konec relaxace [hodiny]
-	0,050	3,0	1,00	1122,0	1650	0,68	0,000	500000,0
98,0	2352,0	-	1,00	1122,0	1650	0,68	0,006	500000,0
182,0	4368,0	-	1,00	1122,0	1650	0,68	0,007	500000,0
19892,0	477408,0	-	1,00	1122,0	1650	0,68	0,023	500000,0
20833,3	500000,0	-	1,00	1122,0	1650	0,68	0,023	500000,0
36500,0	876000,0	-	1,00	1122,0	1650	0,68	0,026	500000,0

t [dny]	Ds_{pr} / S_{pi} na konci rel. [-]	Ds_{pr} / S_{pi} uvažované [-]	Ds_{pr} [MPa]	Redukce	Ds_{pr} redukované [MPa]	Ds_{pr} zbytek po podržení [MPa]
-	0,023	0,000	0,535	0,80	0,428	-
98,0	0,023	0,006	7,069	0,80	5,655	5,228
182,0	0,023	0,007	8,202	0,80	6,561	6,134
19892,0	0,023	0,023	25,302	0,80	20,242	19,814
20833,3	0,023	0,023	25,585	0,80	20,468	20,040
36500,0	0,023	0,023	25,585	0,80	20,468	20,040

V následujícím grafu je vynesena průběh relaxace předpínací oceli podle současné a podle původní normy pro následující případy:

1) podle EN, třída 1, hodnota r_{1000} upravena tak, aby bylo dosaženo přiměřeného souladu mezi spočítanou a změřenou hodnotou předpínací síly ...

- hodnota r_{1000} ... 0,010 = 1,0 %

- hodnota $\frac{Ds_{pr}}{S_{pi}}$ na konci relaxace (po 50 000 hodinách) ... 0,023 = 2,3 %

2) podle EN, třída 2, hodnota r_{1000} upravena tak, aby bylo dosaženo přiměřeného souladu mezi spočítanou a změřenou hodnotou předpínací síly ...

- hodnota	r_{1000} ...	0,016	=	1,6	%
- hodnota	$\frac{Ds_{pr}}{s_{pi}}$ na konci relaxace (po 50 000 hodinách) ...	0,023	=	2,3	%

3) podle EN, třída 1, hodnota r_{1000} podle normy ...

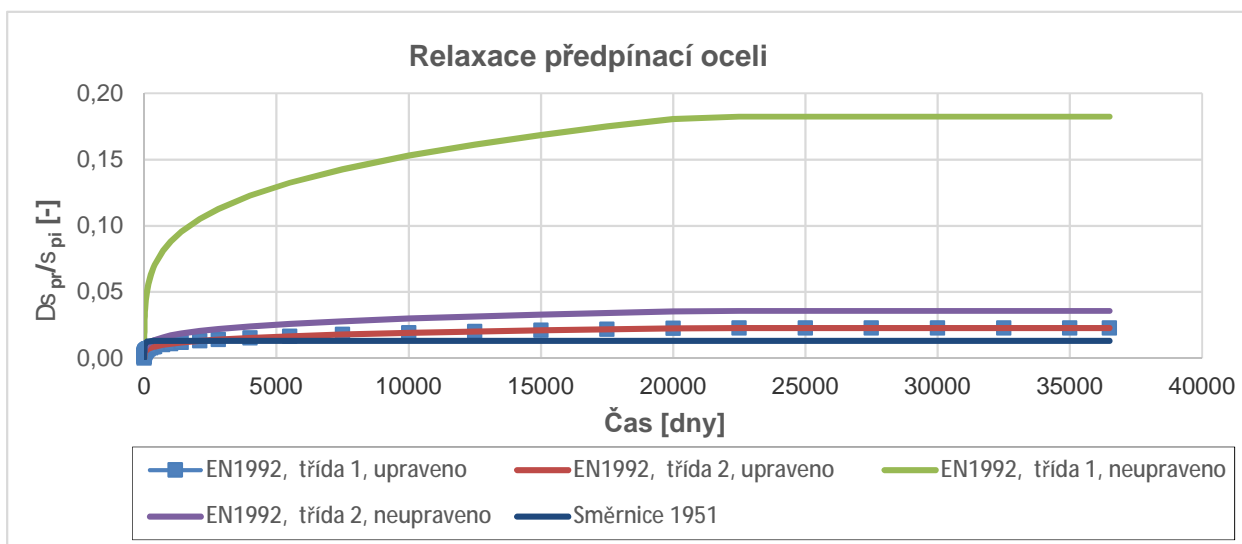
- hodnota	r_{1000} ...	0,080	=	8,0	%
- hodnota	$\frac{Ds_{pr}}{s_{pi}}$ na konci relaxace (po 50 000 hodinách) ...	0,182	=	18,2	%

4) podle EN, třída 2, hodnota r_{1000} podle normy ...

- hodnota	r_{1000} ...	0,025	=	2,5	%
- hodnota	$\frac{Ds_{pr}}{s_{pi}}$ na konci relaxace (po 50 000 hodinách) ...	0,036	=	3,6	%

5) podle původní normy ČSN 73 2004 ...

- hodnota	$\frac{Ds_{pr}}{s_{pi}}$ na konci relaxace (po 1 roce) ...	0,013	=	1,3	%
-----------	--	-------	---	-----	---



3.3. BETONÁŘSKÁ VÝZTUŽ

Třída výztuže podle původní dokumentace: Roxor 10512

Vlastnosti oceli dle: [1] :

Charakteristická mez kluzu: $f_{yk} = 380,0$ MPa

Modul pružnosti: $E_s = 200,0$ GPa

Vlastnosti podle diagnostiky [13] :

(zkoušeny byly pruty výztuže o "průměru" 8 mm,
které byly před zkouškou opracovány na průměr 9,5 mm)

Vzorek č.	Pevnost v tahu [MPa]
1	625,0
2	615,0
3	550,0
4	635,0

V této verzi výpočtu uvažujeme vlastnosti materiálů podle normy:

Charakteristická mez kluzu: $f_{yk} = 380,0$ MPa

Rok realizace ... 1962 => stáří konstrukce při přepočtu v r. 2016 ...

... 54 let > 30 let => $g_c = 1,10$

Návrhová mez kluzu: $f_{yd} = \frac{380,0}{1,10} = 345,455$ MPa

Modul pružnosti: $E_s = 200,0$ GPa

Posouzení MSP - omezení napětí:

charakteristická kombinace ... 0,80 380,000 = 304,000 MPa

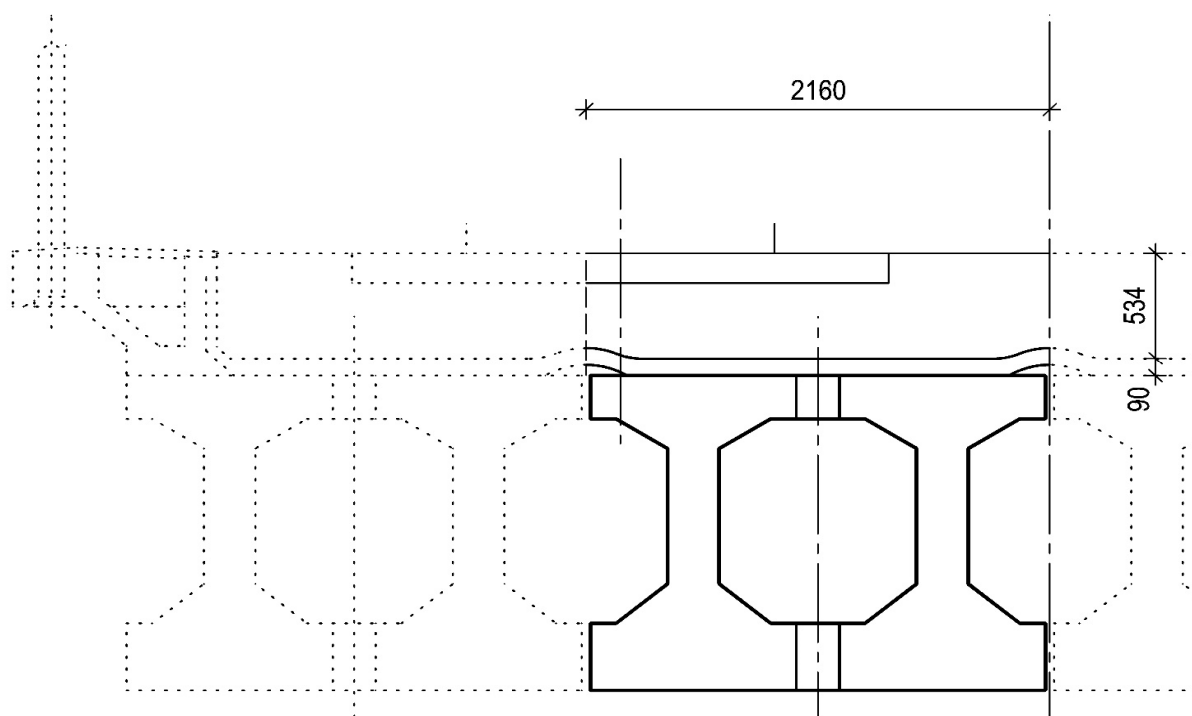
4. ZATÍŽENÍ

4.1. ZATÍŽENÍ STÁLÉ

4.1.1. VLASTNÍ TÍHA NOSNÉ KONSTRUKCE

Objemová tíha předpjatého betonu: 26,0 kN/m³

4.1.2. OSTATNÍ STÁLÉ ZATÍŽENÍ



a) Ostatní stálé zatížení - střední hodnota $(g-g_0)_m$:

Zatížení na jeden vnitřní nosník:

1) Římsa ...	0	25,0	=	0	kN/m; $r =$	0	m
2) Izolace, ochrana izolace, kabelový žlab ...	0,1944	25,0	=	4,860	kN/m; $r =$	0,000	m
3) Kolejové lože - dolní část ...	1,15344	20,0	=	23,069	kN/m; $r =$	0,000	m
4) Zábradlí (odhad) ...				0,000	kN/m; $r =$	2,231	m

Výslednice (1 - 4) a její poloha vůči ose nosníku:

$$V_{1-4} = 0 + 4,860 + 23,069 + 0,000 = 27,929 \text{ kN/m}$$

$$r = \frac{0,000}{27,929} = 0,000 \text{ m}$$

Vzhledem k zakřivení koleje do směrového oblouku je poloha dalších částí vztažena k ose koleje:

5) Kolejové lože - horní část ... 0 20,0 = 0,000 kN/m; $l = 0,000$ m

6a) Kolejnice ... 0,5 1,20 = 0,600 kN/m; $l = 0,718$ m

6b) Předpjaté pražce s upevněním ... 0,5 4,80 = 2,400 kN/m; $l = 0,800$ m

Výslednice (5 - 6) a její poloha vůči ose koleje:

$$V_{5-6} = 0,000 + 0,600 + 2,400 = 3,000 \text{ kN/m}$$

$$r = \frac{2,351}{3,000} = 0,784 \text{ m}$$

b) Ostatní stálé zatížení - horní charakteristická hodnota $(g-g_0)_{k,sup}$:

Zatížení na krajní nosník na vnějším okraji směrového oblouku (nejvíce zatížený); plochy prvků a poloha těžiště a vzdálenosti od těžiště nosníku r byly odměřeny v grafickém programu:

1) Římsa ... 1,0 0,000 = 0 kN/m; $r = 0$ m

2) Izolace, ochrana izolace, kabelový žlab ... 1,2 4,860 = 5,832 kN/m; $r = 0,000$ m

3) Kolejové lože - dolní část ... 1,3 23,069 = 29,989 kN/m; $r = 0,000$ m

4) Zábradlí (odhad) ... 1,0 0,000 = 0,000 kN/m; $r = 2,231$ m

Výslednice (1 - 4) a její poloha vůči ose nosníku:

$$V_{1-4} = 0 + 5,832 + 29,989 + 0,000 = 35,821 \text{ kN/m}$$

$$r = \frac{0,000}{35,821} = 0,000 \text{ m}$$

Vzhledem k zakřivení koleje do směrového oblouku je poloha dalších částí vztažena k ose koleje:

5) Kolejové lože - horní část ... 1,3 0,000 = 0,000 kN/m; $l = 0,000$ m

6a) Kolejnice ... 1,0 0,600 = 0,600 kN/m; $l = 0,718$ m

6b) Předpjaté pražce s upevněním ...

$$1,0 \quad 2,400 \quad = \quad 2,400 \quad \text{kN/m}; l = \quad 0,800 \quad \text{m}$$

Výslednice (5 - 6) a její poloha vůči ose koleje:

$$v_{5-6} = \quad 0,000 \quad + \quad 0,600 \quad + \quad 2,400 \quad = \quad 3,000 \quad \text{kN/m}$$

$$r = \frac{2,351}{3,000} = \quad 0,784 \quad \text{m}$$

c) Ostatní stálé zatížení - dolní charakteristická hodnota $(g-g_0)_{k,inf}$:

Zatížení na krajní nosník na vnějším okraji směrového oblouku (nejvíce zatížený); plochy prvků a poloha těžiště a vzdálenosti od těžiště nosníku r byly odměřeny v grafickém programu:

$$1) \text{ Římsa ...} \quad 1,0 \quad 0,000 \quad = \quad 0 \quad \text{kN/m}; r = \quad 0 \quad \text{m}$$

2) Izolace, ochrana izolace, kabelový žlab ...

$$0,8 \quad 4,860 \quad = \quad 3,888 \quad \text{kN/m}; r = \quad 0,000 \quad \text{m}$$

$$3) \text{ Kolejové lože - dolní část ...} \quad 0,7 \quad 23,069 \quad = \quad 16,148 \quad \text{kN/m}; r = \quad 0,000 \quad \text{m}$$

$$4) \text{ Zábradlí (odhad) ...} \quad 1,0 \quad 0,000 \quad = \quad 0,000 \quad \text{kN/m}; r = \quad 2,231 \quad \text{m}$$

Výslednice (1 - 4) a její poloha vůči ose nosníku:

$$v_{1-4} = \quad 0 \quad + \quad 3,888 \quad + \quad 16,148 \quad + \quad 0,000 \quad = \quad 20,036 \quad \text{kN/m}$$

$$r = \frac{0,000}{20,036} = \quad 0,000 \quad \text{m}$$

Vzhledem k zakřivení koleje do směrového oblouku je poloha dalších částí vztažena k ose koleje:

$$5) \text{ Kolejové lože - horní část ...} \quad 0,7 \quad 0,000 \quad = \quad 0,000 \quad \text{kN/m}; l = \quad 0,000 \quad \text{m}$$

$$6a) \text{ Kolejnice ...} \quad 1,0 \quad 0,600 \quad = \quad 0,600 \quad \text{kN/m}; l = \quad 0,718 \quad \text{m}$$

6b) Předpjaté pražce s upevněním ...

$$1,0 \quad 2,400 \quad = \quad 2,400 \quad \text{kN/m}; l = \quad 0,800 \quad \text{m}$$

Výslednice (5 - 6) a její poloha vůči ose koleje:

$$v_{5-6} = \quad 0,000 \quad + \quad 0,600 \quad + \quad 2,400 \quad = \quad 3,000 \quad \text{kN/m}$$

$$r = \frac{2,351}{3,000} = \quad 0,784 \quad \text{m}$$

d) Ostatní stálé zatížení - podle původní normy ($g-g_0$)_{pův}:

Pro orientační posouzení konstrukce podle původní normy stanovíme i původní hodnotu ostatního stálého zatížení.

Zatížení na krajní nosník na vnějším okraji směrového oblouku (nejvíce zatížený); plochy prvků a poloha těžiště a vzdálenosti od těžiště nosníku r byly odměřeny v grafickém programu:

1) Římsa ...	0	25,0	=	0	kN/m; $r =$	0	m
2) Izolace, ochrana izolace, kabelový žlab ...	0,1944	25,0	=	4,860	kN/m; $r =$	0,000	m
3) Kolejové lože - dolní část ...	1,15344	19,0	=	21,915	kN/m; $r =$	0,000	m
4) Zábradlí (odhad) ...			=	0,500	kN/m; $r =$	2,231	m

Výslednice (1 - 4) a její poloha vůči ose nosníku:

$$V_{1-4} = 0 + 4,860 + 21,915 + 0,500 = 27,275 \text{ kN/m}$$
$$r = \frac{1,116}{27,275} = 0,041 \text{ m}$$

Vzhledem k zakřivení koleje do směrového oblouku je poloha dalších částí vztažena k ose koleje:

5) Kolejové lože - horní část ...	0	19,0	=	0,000	kN/m; $l =$	0,000	m
6a) Kolejnice ...	0,5	1,50	=	0,750	kN/m; $l =$	0,000	m
6b) Předpjaté pražce s upevněním ...	1	0,00	=	0,000	kN/m; $l =$	0,000	m

Výslednice (5 - 6) a její poloha vůči ose koleje:

$$V_{5-6} = 0,000 + 0,750 + 0,000 = 0,750 \text{ kN/m}$$
$$r = \frac{0,000}{0,750} = 0,000 \text{ m}$$

Rekapitulace zatížení ($g-g_0$):

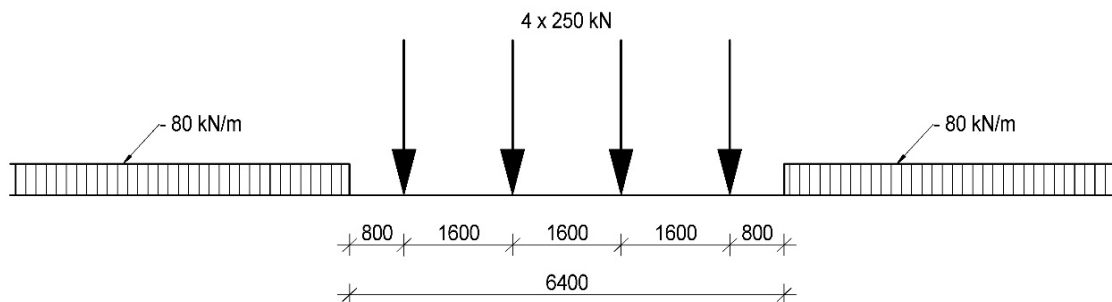
Poloha	Staničení	Výslednice ($g-g_0$) _m		Výslednice ($g-g_0$) _{k,sup}		Výslednice ($g-g_0$) _{inf}		Výslednice ($g-g_0$) _{pův}	
		V_{1-6}	r_{1-6}	V_{1-6}	r_{1-6}	V_{1-6}	r_{1-6}	V_{1-6}	r_{1-6}
	[m]	[MN/m]	[m]	[MN/m]	[m]	[MN/m]	[m]	[MN/m]	[m]
Celo	0,000	0,029341	0,014	0,037234	0,011	0,021448	0,019	0,027628	0,035
Osa uložení	1,150	0,029393	0,015	0,037286	0,012	0,021500	0,021	0,027641	0,035
	1,150	0,029393	0,015	0,037286	0,012	0,021500	0,021	0,027641	0,035
0	2,530	0,029450	0,017	0,037343	0,014	0,021557	0,024	0,027656	0,035
	2,530	0,029450	0,017	0,037343	0,014	0,021557	0,024	0,027656	0,035
0	3,980	0,029504	0,019	0,037397	0,015	0,021611	0,026	0,027669	0,035
	3,980	0,029504	0,019	0,037397	0,015	0,021611	0,026	0,027669	0,035
0	5,430	0,029552	0,021	0,037445	0,017	0,021659	0,029	0,027681	0,035
	5,430	0,029552	0,021	0,037445	0,017	0,021659	0,029	0,027681	0,035
0	6,880	0,029594	0,023	0,037486	0,018	0,021701	0,031	0,027692	0,036
	6,880	0,029594	0,023	0,037486	0,018	0,021701	0,031	0,027692	0,036
0	9,970	0,029663	0,025	0,037555	0,020	0,021770	0,034	0,027709	0,036
	9,970	0,029663	0,025	0,037555	0,020	0,021770	0,034	0,027709	0,036
0	13,060	0,029704	0,027	0,037597	0,021	0,021811	0,037	0,027719	0,036
	13,060	0,029704	0,027	0,037597	0,021	0,021811	0,037	0,027719	0,036
Střed rozpětí	16,150	0,029718	0,027	0,037610	0,022	0,021825	0,037	0,027723	0,036
	16,150	0,029718	0,027	0,037610	0,022	0,021825	0,037	0,027723	0,036
0	19,240	0,029704	0,027	0,037597	0,021	0,021811	0,037	0,027719	0,036
	19,240	0,029704	0,027	0,037597	0,021	0,021811	0,037	0,027719	0,036
0	22,330	0,029663	0,025	0,037555	0,020	0,021770	0,034	0,027709	0,036
	22,330	0,029663	0,025	0,037555	0,020	0,021770	0,034	0,027709	0,036
0	25,420	0,029594	0,023	0,037486	0,018	0,021701	0,031	0,027692	0,036
	25,420	0,029594	0,023	0,037486	0,018	0,021701	0,031	0,027692	0,036
0	26,870	0,029552	0,021	0,037445	0,017	0,021659	0,029	0,027681	0,035
	26,870	0,029552	0,021	0,037445	0,017	0,021659	0,029	0,027681	0,035
0	28,320	0,029504	0,019	0,037397	0,015	0,021611	0,026	0,027669	0,035
	28,320	0,029504	0,019	0,037397	0,015	0,021611	0,026	0,027669	0,035
0	29,770	0,029450	0,017	0,037343	0,014	0,021557	0,024	0,027656	0,035
	29,770	0,029450	0,017	0,037343	0,014	0,021557	0,024	0,027656	0,035
Osa uložení	31,150	0,029393	0,015	0,037286	0,012	0,021500	0,021	0,027641	0,035
	31,150	0,029393	0,015	0,037286	0,012	0,021500	0,021	0,027641	0,035
Celo	32,300	0,029341	0,014	0,037234	0,011	0,021448	0,019	0,027628	0,035

4.2. ZATÍŽENÍ PROMĚNNÉ**4.2.1. ZATÍŽENÍ DOPRAVOU****4.2.1.1. Model zatížení LM71 (UIC-71)**

Traťová rychlost v daném traťovém úseku je 75 km/h, rychlost na mostě je také 75 km/h.

Podle údajů SŽDC odpovídá přechodnost mostu traťové třídě D4 s přidruženou rychlostí 75 km/h.

Zatížitelnost mostu bude vyjádřena násobkem vlaku Model zatížení 71:



Nápravové síly budeme uvažovat roznesené na spojitě rovnoměrné zatížení na délce 6,400 m:

$$q_{NS} = \frac{4 \cdot 250,0}{6,400} = 156,250 \text{ kN/m}$$

Spojitě rovnoměrné zatížení mimo nápravové síly:

$$q_{SR} = 80,000 \text{ kN/m}$$

U zatěžovacích vlaků Model zatížení 71 a SW/0 je nutno uvažovat boční (příčné) posunutí koleje prostřednictvím excentricity e :

$$e = \frac{r}{18} = \frac{1,435}{18} = 0,080 \text{ m}, \text{ kde}$$

r je rozchod koleje.

4.2.1.2. Dynamické účinky pohyblivého zatížení

4.2.1.2.1. Přibližné stanovení vlastních frekvencí

Dle ČSN EN 1992-1 [6] lze pro prostě podepřené železniční mosty namáhané pouze ohybem předběžně vypočítat první vlastní ohybovou frekvenci ze vztahu:

$$n_0 [\text{Hz}] = \frac{17,75}{d_0^{1/2}}, \text{ kde:}$$

d_0 je průhyb uprostřed rozpětí od stálých zatížení [mm], spočítaný s využitím krátkodobého modulu pružnosti pro betonové mosty,

Stálé zatížení celkem (střední hodnota):

$$\begin{aligned} g_m &= 1,73304 \cdot 26,0 + 27,929 + 3,000 = \\ &= 45,059 + 30,929 = 75,988 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

Průhyb od stálého zatížení:

$$d_0 = \frac{5}{384} \frac{0,075988 \cdot 30,0^4}{34000,0 \cdot 0,496238} = 0,047501 \text{ m} = 47,5 \text{ mm}$$

$$n_0 = \frac{17,75}{47,50054^{0,5}} = 2,575 \text{ Hz}$$

Podle ČSN 73 6222 [20] lze vlastní frekvenci nosné konstrukce (silničního) mostu nebo její části stanovit ze vzorce:

$$f = 90,6 L_d^{-0,923}, \text{ kde:}$$

L_d je náhradní délka, která se pro mosty o jednom poli stanoví jako kolmá vzdálenost uložení:

$$L_d = 30,000 \text{ m}$$

$$f = 90,6 \cdot 30,000^{-0,923} = 3,924 \text{ Hz} \quad (\text{tento vzorec počítá s menší tíhou silničního mostu})$$

4.2.1.2.2. Ověření požadavků na dynamickou analýzu

Podle ČSN EN 1991-1 [6] se případná potřeba dynamické analýzy posoudí podle vývojového diagramu na obr. 6.9:

1) rychlost $V \leq 200 \text{ km/h}$... ANO

2) spojitý most ... NE

3) n_0 v následujícím rozmezí ...

... horní mez ...

$$n_{0,d} = 94,76 L^{-0,748}, \text{ kde } L \text{ je náhradní délka, která se pro prostý nosník}$$

stanoví stejně jako jeho rozpětí:

Pro spojitý nosník se L_F stanoví ze vzorce:

$$L_F = 30,000 \text{ m}$$

$$n_{0,d} = 94,76 \cdot 30,000^{-0,748} = 7,443 \text{ Hz} >$$

$$> n_0 = 2,575 \text{ Hz} \Rightarrow \text{VYHOVÍ}$$

... dolní mez (pro L od 20 do 100 m) ...

$$n_{0,d} = 23,58 L^{-0,592} = 23,58 \cdot 30,000^{-0,592} =$$

$$= 3,148 \text{ Hz} > n_0 = 2,575 \text{ Hz} \Rightarrow \text{NEVYHOVÍ}$$

Dolní hranice mírně nevyhoví; při výpočtu budeme s mírnou přibližností uvažovat dynamický součinitel.

4.2.1.2.3. Dynamický součinitel

Podle ČSN EN 1991-1 [6] se rozeznává dynamický součinitel pro pečlivě udržovanou kolej a standardně udržovanou kolej.

a) Dynamický součinitel pro pečlivě udržovanou kolej:

$$\begin{aligned}
 F_2 &= \frac{1,44}{L_F^{0,5} - 0,2} + 0,82 = \\
 &= \frac{1,44}{30,0^{0,5} - 0,2} + 0,82 = \\
 &= 1,09 > 1,00 \Rightarrow F_2 = 1,09 \\
 &\quad < 1,67
 \end{aligned}$$

b) Dynamický součinitel pro standardně udržovanou kolej:

$$\begin{aligned}
 F_3 &= \frac{2,16}{L_F^{0,5} - 0,2} + 0,73 = \\
 &= \frac{2,16}{30,0^{0,5} - 0,2} + 0,73 = \\
 &= 1,14 > 1,05 \Rightarrow F_3 = 1,14 \\
 &\quad < 2,00
 \end{aligned}$$

Podle [6] , Změny Z4, uvažujeme dynamický součinitel následujícím způsobem:

1) pro posouzení mezních stavů únosnosti STR ... $F_3 = 1,14$,

2) pro posouzení mezních stavů použitelnosti včetně MS omezení přetvoření a kmitání, pro posouzení únavy (mezní stav únosnosti FAT) a pro posouzení kombinované odezvy konstrukce a koleje ...

... $F_2 = 1,09$.

4.2.1.3. Odstředivé síly

Odstředivé síly se mají uvažovat tak, že působí vodorovně ven z oblouku ve výšce 1,80 m nad pojezdným povrchem. Odstředivá síla se musí vždy kombinovat se svislým zatížením dopravou; nesmí se násobit dynamickým součinitelem F_2 nebo F_3 .

Charakteristická hodnota odstředivé síly se určí podle následujících vztahů:

$$\begin{aligned}
 Q_{tk} &= \frac{v^2}{g \times r} (f \times Q_{vk}) = \frac{V^2}{127 r} (f \times Q_{vk}) \\
 q_{tk} &= \frac{v^2}{g \times r} (f \times q_{vk}) = \frac{V^2}{127 r} (f \times q_{vk}) \quad , \text{ kde:}
 \end{aligned}$$

Q_{tk} , q_{tk} jsou charakteristické hodnoty odstředivých sil,

Q_{vk} , q_{vk} jsou charakteristické hodnoty svislých zatížení (bez dynamických účinků) pro modely zatížení 71, SW/0, SW/2 a "nezatížený vlak",

f je redukční součinitel:

pro model zatížení 71 (a, pokud se požaduje, pro model zatížení SW/0) je redukční součinitel f dán vztahem:

$$f = \left[1 - \frac{V - 120}{1000} \cdot \left(\frac{814}{V} + 1,75 \right) \cdot \left(1 - \left(\frac{2,88}{L_f} \right)^{1/2} \right) \right] \geq 0,35$$

kde:

L_f je příčinná délka zatížené části koleje v oblouku na mostě, která je nejnepříznivější pro návrh uvažovaného nosného prvku:

$$L_f = 30,0 \text{ m}$$

v je maximální rychlost v [m/s],

V je maximální rychlost v [km/h],

$$V = 75,0 \text{ km/h} < 120,0 \Rightarrow \text{článek 6.5.1(7) z [6] se neuplatní}$$

$$f = 1,00 \text{ buď pro: } V \leq 120,0 \text{ km/h,}$$

$$\text{nebo pro: } L_f \leq 2,88 \text{ m,}$$

$$f < 1,00 \text{ pro: } 120,0 \text{ km/h} < V \leq 300,0 \text{ km/h}$$

$$\text{a pro: } L_f > 2,88 \text{ m.}$$

Pro modely zatížení SW/2 a "nezatížený vlak" se hodnota redukčního součinitele má rovnat 1,0.

$$f = \left[1 - \frac{75,0 - 120}{1000} \cdot \left(\frac{814}{75,0} + 1,75 \right) \cdot \left(1 - \left(\frac{2,88}{30,0} \right)^{1/2} \right) \right] =$$

$$= [1 - -0,045 \cdot 12,60333 \cdot 0,690] = 1,391$$

Hodnota f uvažovaná ve výpočtu:

$$V = 75,0 \text{ km/h} < 120,0$$

$$L_f = 30,0 \text{ km/h} > 2,88$$

}

$$f = 1,000$$

g je gravitační zrychlení [9,81 m/s²],

r je poloměr zakřivení oblouku [m],

$$r = 388,0 \text{ m}$$

Odtřediivá síla - nápravové síly Modelu zatížení 71:

$$q_{tk,NS} = \frac{75,0}{127} \cdot 1,000 \cdot 250,000 = 0,381 \text{ kN}$$

Odtřediivá síla - roznesené nápravové síly Modelu zatížení 71:

$$q_{tk,NS} = \frac{75,0}{127} \cdot 1,000 \cdot 156,250 = 0,238 \text{ kN/m}$$

Odtřediivá síla - spojité rovnoměrné zatížení Modelu zatížení 71:

$$q_{tk,SR} = \frac{75,0}{127} \cdot \frac{1,000}{388,0} \cdot 80,000 = 0,122 \text{ kN/m}$$

Výška působíště síly nad povrchem nosníku (svisle):

$$h_t = 0,620 + 0,200 + \frac{0,075}{2} + 1,800 = 2,658 \text{ m}$$

Účinky odstředivé síly budeme uvažovat takto:

- předpokládáme přenos odstředivé síly do nosníku na jeho horním povrchu - působí vodorovný ohyb (smyk zanedbáme) a kroucení; do posuzovaného nosníku se přenáší část zatížení úměrná poměru šířky zatěžovacího pruhu pod kolejí nad jedním nosníkem a šířky zatěžovacího pruhu pod kolejí celkem,
- moment vyplývající z vyššího působíště odstředivé síly převedeme na dvojici svislých sil - jednu přitěžující a jednu odlehčující; předpokládáme lineární nárůst odpovídajícího svislého napětí od osy koleje na obě strany; výslednice přitěžující i odlehčující síly pak předpokládáme ve vzdálenosti 2/3 příslušné šířky části zatěžovacího pruhu na jedné straně od osy koleje.

4.2.1.4. Brzdné a rozjezdové síly

Rozjezdové a brzdné síly působí v úrovni temene kolejnic v podélném směru koleje. Musí se uvažovat jako rovnoměrně rozložené po odpovídající přičiňující délce $L_{a,b}$ účinků rozjezdu a brzdění pro uvažovaný nosný prvek. Směr rozjezdových a brzdných sil musí souhlasit s dovoleným směrem (dovolenými směry) dopravy na každé koleji.

Charakteristické hodnoty rozjezdových a brzdných sil se musí uvažovat následovně:

$$\text{Rozjezdová síla: } Q_{lak} = 33,000 \text{ [kN/m]} L_{a,b} \text{ [m]} \leq 1000,0 \text{ [kN]}$$

pro modely zatížení 71, SW/0, SW/2 a HSLM.

$$\text{Brzdná síla: } Q_{lbk} = 20,000 \text{ [kN/m]} L_{a,b} \text{ [m]} \leq 6000,0 \text{ [kN]}$$

pro modely zatížení 71, SW/0 a HSLM a

$$Q_{lbk} = 35,000 \text{ [kN/m]} L_{a,b} \text{ [m]}$$

pro model zatížení SW/2.

V daném případě:

$$\text{Rozjezdová síla: } Q_{lak} = 33,000 \cdot 32,300 = 1065,9 \text{ kN} >$$

$$> 1000,0 \text{ kN} \Rightarrow Q_{lak} = 1000,0 \text{ kN}$$

$$\text{Brzdná síla: } Q_{lbk} = 20,000 \cdot 32,300 = 646,0 \text{ kN} <$$

$$< 6000,0 \text{ kN} \Rightarrow Q_{lbk} = 646,0 \text{ kN}$$

Charakteristické hodnoty rozjezdových a brzdných sil se nesmí násobit součinitelem ϕ nebo f . Mají se ale násobit součinitelem α .

Rozjezdové a brzdné síly lze zanedbat pro "nezatížený vlak".

U tratí určených pro speciální dopravu (např. vyhrazených pro vysokorychlostní dopravu) lze rozjezdové a brzdné síly stanovit upraveným postupem podle ČSN EN 1991-2, čl. 6.5.3(6).

Tyto charakteristické hodnoty platí pro všechny typy konstrukce koleje, tj. průběžně svařené kolejnice (bezстыková kolej) nebo na kolej se styky, bez dilatačních zařízení nebo s nimi.

Rozjezdové a brzdné síly se musí kombinovat s odpovídajícím svislým zatížením.

U modelů zatížení SW/0 a SW/2 působí rozjezdové a vrzdné síly pouze na ty úseky, které jsou zatíženy svislým pohyblivým zatížením.

Pokud kolej probíhá nepřerušovaně na jednom nebo na obou koncích mostu, přenáší se nosnou konstrukcí do ložisek pouze část rozjezdové a brzdné síly, zatímco zbytek této síly se přenáší kolejí a je zadržován za opěrami. Část síly přenášená nosnou konstrukcí do ložisek se má stanovit s uvážením kombinované odezvy konstrukce a koleje podle ČSN EN 1991-2, čl. 6.5.4.

Protože v daném případě bude vliv těchto sil na konstrukci velmi malý, použijeme pro rozdělení brzdných a rozjezdových sil mezi konstrukci a zemní těleso ustanovení bývalé normy [18], kterou zde použijeme obdobně jako odbornou literaturu:

z celkové brzdné nebo rozjezdové síly se do konstrukce přenáší část, která se označuje B_e a spočítá se z následujícího vztahu:

$$B_e = m_b \cdot V_b, \text{ kde:}$$

m_b je součinitel podle [18], tab. 7, závislý na uspořádání kolejnicových styků a dilatačních zařízení, na typu ložisek, popř. na způsobu uložení a na délce zatížení mostu ...

konstrukce na ložiskách	}	=>	$m_b =$	0,12
bezстыková kolej				
zat. délka 32,300 m				

Z takto spočítaného podílu brzdných a rozjezdových sil necháme na posuzovaný nosník působit část, kterou stanovíme na základě šířky zatěžovacího pruhu pod kolejí na jednom nosníku a zatěžovacího pruhu pod kolejí celkem. Zatížení brzdnými a rozjezdovými silami budeme uvažovat jako spojitě momentové zatížení. Zatížení pro mírné zjednodušení uvažujeme pouze v podélném směru.

Výška působíště brzdných a rozjezdových sil nad povrchem betonového nosníku:

$$h_{br} = \text{cca } 0,620 + 0,200 = 0,820 \text{ m}$$

4.2.1.5. Spolupůsobení konstrukce s kolejí

Podrobným způsobem lze spolupůsobení mostní konstrukce s kolejí ověřit pomocí analýzy "kombinované odezvy" podle normy [6]; v daném případě bude spolupůsobení s kolejí pro konstrukci do značné míry příznivé, ale konstrukce bude současně vystavena účinkům zatížení vyvozeným bezстыkovou kolejí. V daném případě budeme tyto účinky zatížení s dostatečnou výstižností uvažovat podle býv. normy [18], kterou zde použijeme jako odbornou literaturu. Podle této normy bylo nutno účinky bezстыkové koleje uvažovat při návrhu ložisek, opěr a pilířů, ale nebylo třeba je uvažovat při návrhu hlavní nosné konstrukce, pokud se do ní vnášely spojitě.

Bezстыková kolej působí při teplotních změnách na mostní konstrukci podélnou normálovou silou F_t a v případě koleje v oblouku i příčným vodorovným spojitým zatížením p_t . Velikosti těchto účinků závisí na dispozičním uspořádání a na dilatujících délkách nosné konstrukce.

Podélná normálová síla F_t , působící v dotykové ploše pevných ložisek, se stanoví ze vzorce:

$$F_t = f_t \cdot L_{dT}, \text{ kde:}$$

f_t je jednotkové podélné vodorovné zatížení; u konstrukcí s průběžným kolejovým ložem se uvažuje hodnotou ...

$$f_t = 7,300 \text{ kN/m,}$$

L_{dT} u konstrukcí s jednou dilatující délkou je rovno této dilatující délce ...

$$L_{dT} = 30,000 + 1,150 = 31,150 \text{ m}$$

$$F_t = 7,300 \cdot 31,15 = 227,395 \text{ kN}$$

Příčné vodorovné spojitě zatížení p_t , působící v úrovni temene kolejnic, se stanoví ze vzorce:

$$p_t = \frac{2300}{r} = \frac{2300}{388,0} = 5,928 \text{ kN/m.}$$

Předpokládáme, že z těchto sil přenáší krajní nosník pouze část poměru roznášecí plochy svislého zatížení na krajním nosníku a roznášecí plochy svislého pohyblivého zatížení celkem.

Výška podélného i příčného zatížení nad horním povrchem betonového nosníku:

$$h_t = \text{cca } 0,620 + 0,200 = 0,820 \text{ m}$$

4.2.1.6. Boční rázy

Boční ráz se musí uvažovat jako osamělá síla, působící vodorovně v úrovni temene kolejnic kolmo na osu koleje.

Charakteristická hodnota bočního rázu se uvažuje hodnotou $Q_{sk} = 100 \text{ kN}$. Nesmí se násobit součinitelem ϕ nebo f . Naopak se násobí součinitelem α , pokud je $\alpha \geq 1,0$.

Boční ráz se musí vždy kombinovat se svislým zatížením dopravou.

Předpokládáme, že z těchto sil přenáší krajní nosník pouze část poměru roznášecí plochy svislého zatížení na krajním nosníku a roznášecí plochy svislého pohyblivého zatížení celkem.

Výška působíště bočních rázů nad těžištěm betonového průřezu nosné konstrukce:

$$h_{labk} = \text{cca } 0,620 + 0,200 = 0,820 \text{ m}$$

Boční rázy jsou z hlediska namáhání nosné konstrukce zanedbatelné a nebudou při stanovení zatížitelnosti uvažovány.

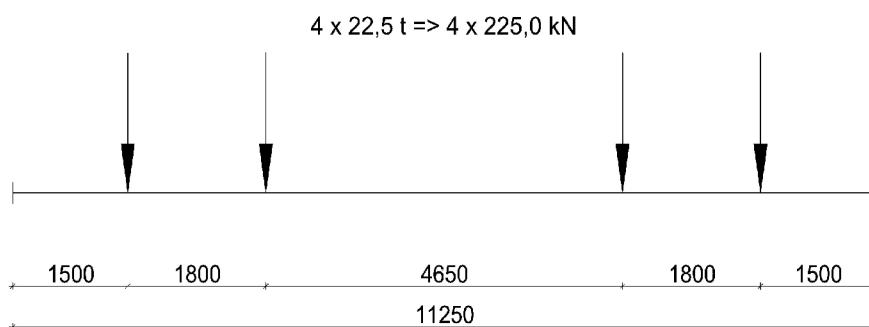
4.2.1.7. Traťová třída zatížení

Na mostě je uvažována traťová třída zatížení s přidruženou rychlostí:

D4/75

Schéma vozidla:

(podle [11])



Účinky zatěžovacích vozidel třídy D4 lze nahradit spojitým rovnoměrným zatížením:

$$8,000 \text{ t/m} \Rightarrow 80,000 \text{ kN/m}$$

Dynamické účinky:

(podle [11] , čl. 5.2 a [6] , Příloha C)

Uvažujeme dynamický součinitel f_{T1} , který se používá na mostních objektech se standardně udržovanou jízdni dráhou. Stanoví se ze vztahu:

$$f_{T1} = 1 + f' + f'' , \text{ avšak } 1,05 \leq f_{T1} \leq 2,00 , \text{ kde:}$$

v je maximální dovolená rychlost vozidla [m/s],
 $v = 75,0 \text{ km/h} = 20,833 \text{ m/s}$

L_f je náhradní délka pro stanovení dynamického součinitele,
 $L_f = 30,000 \text{ m}$ (pro prostý nosník)

n_0 je první vlastní ohybová frekvence mostu zatíženého stálými zatíženími:
 $n_0 = 2,575 \text{ Hz}$ (dle kap. 4.2.1.2.1.)

$$K = \frac{v}{2L_f \times n_0} = \frac{20,833}{2 \times 30,000 \times 2,575} = 0,135 < 0,76$$

$$\Rightarrow f' = 0,156$$

$$f' = \frac{K}{1 - K + K^4} \text{ pro } K < 0,76$$

$$f' = 1,325 \text{ pro } K \geq 0,76$$

$$a = \frac{v}{22} \text{ pro } v \leq 22,0 \text{ m/s}$$

$$a = 1,0 \text{ pro } v > 22,0 \text{ m/s}$$

$$v = 20,833 \text{ m/s} < 22,0 \Rightarrow a = 0,947$$

$$f'' = \frac{a}{100} \cdot \frac{e^{\frac{2\pi L_1}{v}}}{e^{\frac{2\pi L_1}{v}} + 1} + 50 \cdot \frac{e^{\frac{2\pi L_1}{v}}}{e^{\frac{2\pi L_1}{v}} + 1} - 1 \cdot \frac{e^{\frac{2\pi L_1}{v}}}{e^{\frac{2\pi L_1}{v}} + 1} \geq 0,0$$

$$f'' = -0,002 < 0,0 \Rightarrow f'' = 0,000$$

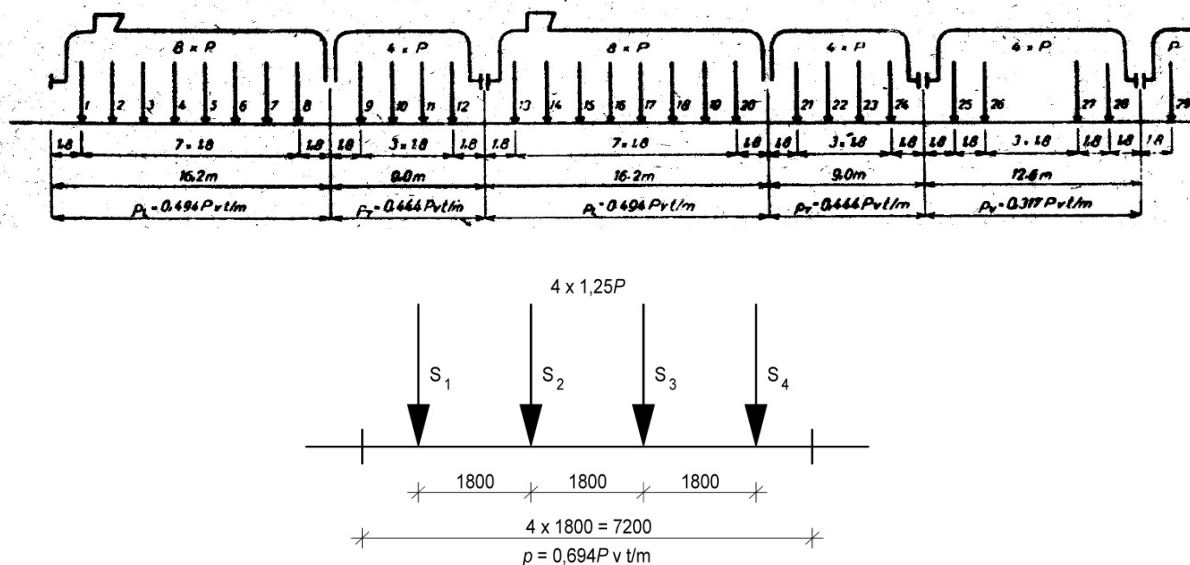
$$f_{T1} = 1 + 0,156 + 0,000 = 1,156$$

4.2.1.8. Jednotný zatěžovací vlak

Projektová dokumentace mostu byla vypracována v roce 1959, tzn. v době, kdy pro zatížení mostů dopravou platila norma [15]. Podle této normy se pohyblivé zatížení trvalých železničních mostů vyjadřovalo ideálními zatěžovacími vlaky A, B, C a zatížením chodníků a nástupišť.

Podle projektové dokumentace [12] byla nosná konstrukce mostu navržena na účinky vlaku A.

Pro ideální zatěžovací vlaky platil jednotný základní zatěžovací vlak podle následujícího obrázku, sestávající vždy ze dvou lokomotiv s tendry v normálním provozním seskupení (s komíny dopředu) a s jednostranně přiřazenými vozy za nimi. Se skupinou čtyř náprav se počítalo, pokud byla účinnější.



Podle kategorie železniční trati se uvažovaly následující vlaky a nápravové síly:

- | | | | | |
|----------------------|-----------------------|-------|-------|----|
| a) mosty třídy A ... | zatěžovací vlak A ... | $P =$ | 240,0 | kN |
| b) mosty třídy B ... | zatěžovací vlak A ... | $P =$ | 200,0 | kN |
| c) mosty třídy A ... | zatěžovací vlak A ... | $P =$ | 180,0 | kN |

U tohoto mostu uvažujeme vlak A, tzn.: $P = 240,0 \text{ kN}$

Dynamické účinky se při výpočtu uvažovaly tak, že statické účinky zatěžovacích vlaků se přenásobovaly dynamickým součinitelem, stanoveným podle vzorce:

$$d = 1 + \frac{0,4}{1 + 0,2L} + \frac{0,6}{1 + 4 \frac{G}{P}}, \text{ kde:}$$

- L je rozpětí vyšetřované části nosné konstrukce v metrech (u spojitých konstrukcí s různým rozpětím jednotlivých polí se počítalo ve všech polích s jednotným dynamickým součinitelem odvozeným pro nejdelší pole),
 G je celkové stálé zatížení na toto rozpětí (stačí odhadnout s přesností +/- 15%),
 P je celkové pohyblivé zatížení, jež lze umístit na uvažovanou část.

Pokud na mostě nebyly styky kolejnic nebo pokud byly kolejnice svařeny, zmenšoval se dynamický součinitel podle vztahu:

$$0,15 \cdot (d - 1)$$

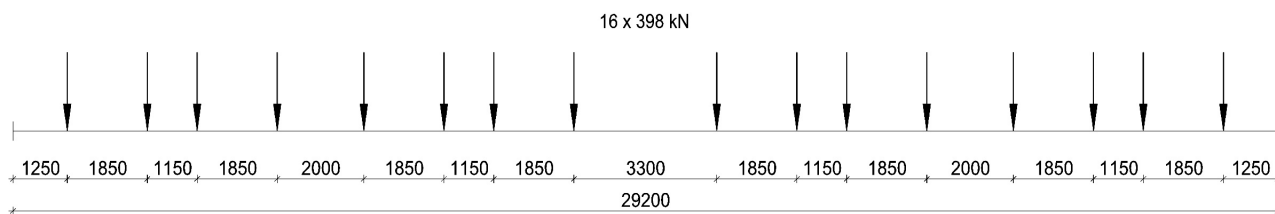
Nezávisle na způsobu stykování kolejnic se u betonových konstrukcí uvažoval dynamický součinitel maximálně hodnotou $d = 1,40$.

$$\begin{aligned} G &= 30,000 \quad (\quad 1,733 \quad 26,000 \quad + \quad 27,929 \quad + \quad 3,000 \quad) = \\ &= 30,000 \quad 75,988 \quad = \quad 2279,631 \text{ kN} \\ P &= 14 \quad 240,0 \quad = \quad 3360,000 \text{ kN} \\ d &= 1,22 \quad < \quad 1,40 \quad \Rightarrow \quad d = 1,22 \end{aligned}$$

4.2.1.9. Jeřáb GEPK-130

Nosná konstrukce mostu zřejmě nebyla posouzena na účinky kolejového jeřábu GEPK-130. Pro porovnání zde ale uvádíme i účinky tohoto zatížení.

Schéma:



Dynamický součinitel se uvažoval hodnotou: $d = 1,05$

4.2.2. TEPLOTNÍ ZMĚNY

4.2.2.1. Typ nosné konstrukce

Betonová konstrukce \Rightarrow typ 3 podle [5], čl. 6.1.1, str. 15.

4.2.2.2. Rovnoměrná složka teploty

Teplota vzduchu ve stínu

Charakteristické hodnoty minimálních a maximálních teplot vzduchu ve stínu se pro místo stavby určí z mapy izoterm - [5] , obr. NA.1, NA.2:

$$\begin{aligned}T_{\max} &= 40,0 \text{ }^{\circ}\text{C} \\T_{\min} &= -32,0 \text{ }^{\circ}\text{C}\end{aligned}$$

Maximální a minimální rovnoměrné složky teploty mostu

Pro typ konstrukce 3 se maximální a minimální rovnoměrná složka teploty stanoví ze vztahů:

$$\begin{aligned}T_{e,\max} &= T_{\max} + 1,5 = 40,0 + 1,5 = \\&= 41,5 \text{ }^{\circ}\text{C} \quad (\text{platí pro } 30^{\circ}\text{C} \leq T_{\max} \leq 50^{\circ}\text{C}) \\T_{e,\min} &= T_{\min} + 8,0 = -32,0 + 8 = \\&= -24,0 \text{ }^{\circ}\text{C} \quad (\text{platí pro } -50^{\circ}\text{C} \leq T_{\max} \leq 0^{\circ}\text{C})\end{aligned}$$

Rozsah rovnoměrné složky teploty mostu:

Výchozí teplota mostu - předpokládáme $T_0 = 10,0 \text{ }^{\circ}\text{C}$

Charakteristická hodnota maximálního rozsahu rovnoměrné složky teploty pro výpočet prodloužení mostu $\Delta T_{N,\exp}$ se určí ze vztahu:

$$\begin{aligned}\Delta T_{N,\exp} &= T_{e,\max} - T_0 = 41,5 - 10,0 = \\&= 31,5 \text{ }^{\circ}\text{C} \quad (\text{oteplení})\end{aligned}$$

Charakteristická hodnota maximálního rozsahu rovnoměrné složky teploty pro výpočet zkrácení mostu $\Delta T_{N,\text{con}}$ se určí ze vztahu:

$$\begin{aligned}\Delta T_{N,\text{con}} &= T_{e,\min} - T_0 = -24,0 - 10,0 = \\&= -34,0 \text{ }^{\circ}\text{C} \quad (\text{ochlazení})\end{aligned}$$

Celkový rozsah rovnoměrné složky teploty mostu je:

$$\begin{aligned}\Delta T_N &= T_{e,\max} - T_{e,\min} = 41,5 - (-24,0) = \\&= 65,5 \text{ }^{\circ}\text{C}\end{aligned}$$

Pro návrh ložisek a mostních dilatačních závěrů se používají následující hodnoty rovnoměrné složky teploty mostu:

1) oteplení ...

$$\Delta T_{N,\exp} + 20,0 \text{ }^{\circ}\text{C} = 31,5 + 20,0 = 51,5 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

2) ochlazení ...

$$\Delta T_{N,con} - 20,0 \text{ } ^\circ\text{C} = -34,0 - 20,0 = -54,0 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Pokud by byla známa teplota, při které se budou ložiska a mostní závěry osazovat, pak by se použily hodnoty:

3) oteplení ...

$$\Delta T_{N,exp} + 10,0 \text{ } ^\circ\text{C} = 31,5 + 10,0 = 41,5 \text{ } ^\circ\text{C}$$

4) ochlazení ...

$$\Delta T_{N,con} - 10,0 \text{ } ^\circ\text{C} = -34,0 - 10,0 = -44,0 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Rozsah dilatačních posunů pro stanovení namáhání nosné konstrukce (konstrukce je uložena na obou opěrách na pevná ložiska):

$$\begin{aligned} DL^+ &= 31,5 \cdot 0,000010 \cdot 30000 = 9,45 \text{ mm} \\ DL^- &= -34,0 \cdot 0,000010 \cdot 30000 = -10,20 \text{ mm} \end{aligned}$$

4.2.2.3. Svislá proměnná složka teploty - lineární (postup 1)

V tomto výpočtu se nepoužije.

4.2.2.4. Svislá proměnná složka teploty - nelineární (postup 2)

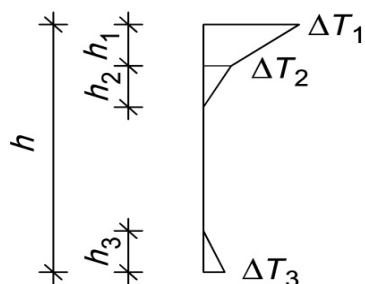
(podle [5] , Obr. 6.2c, str. 22 a Tab. B.3, str. 31)

Protože změna průřezu na koonci nosníku je z tohoto hlediska zanedbatelná, uvažujeme pro stanovení účinků nelineární změny teploty průřez v poli.

1) Oteplení konstrukce:

Průběh teploty po průřezu:

Hodnoty teplotních rozdílů u dokončeného mostu jsou uvažovány pro tloušťku svršku 200 mm, což je maximální tloušťka, která je v normě uvedena. Skutečná tloušťka kolejového lože je větší - jsme na straně bezpečné.



$$h_1 = 0,30 \quad h \leq 0,15 \text{ m}$$

$$h_2 = 0,30 \quad h \geq 0,10 \text{ m}$$

$$\leq 0,25 \text{ m}$$

$$h_3 = 0,30 \quad h \leq 0,10 \text{ m} + h_s$$

Tloušťka svršku:

$$h_s = \text{cca } 0,620 \text{ m}$$

Výpočet byl proveden proužkovou metodou pomocí vlastního programu v kalkulatoru "Excel"; podrobnosti jsou uloženy u zpracovatele výpočtu.

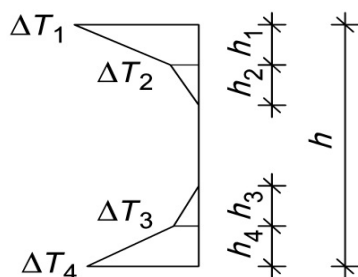
Průřez	h [m]	A [m ²]	I_i [m ⁴]	h_1 [m]	h_2 [m]	h_3 [m]
Pole	1,550	1,73304	0,49624	0,150	0,250	0,465

Přehled spočítaných normálových napětí při horním a při dolním povrchu konstrukce:

Průřez	Případ	ΔT_1 [°C]	ΔT_2 [°C]	ΔT_3 [°C]	s^h [MPa]	s^d [MPa]	Stav
Pole	1	15,4	4,5	2,0	-2,953	-0,811	Staveb.stav-bez svršku a izolace
Pole	2	23,6	5,0	1,4	-4,782	-0,964	Staveb.stav-s vodotěsnou izolací
Pole	3	7,5	2,1	1,5	-1,481	-0,457	Dokončený most

2) Ochlazení konstrukce:

Průběh teploty po průřezu:



Hodnoty teplotních rozdílů u dokončeného mostu jsou uvažovány pro tloušťku svršku 200 mm, což je maximální tloušťka, která je v normě uvedena. Skutečná tloušťka kolejového lože je větší - jsme na straně bezpečné.

$$h_1 = h_4 = 0,20 \quad h \leq 0,25 \quad \text{m}$$

$$h_2 = h_3 = 0,25 \quad h \leq 0,20 \quad \text{m}$$

Výpočet byl proveden proužkovou metodou pomocí vlastního programu v kalkulatoru "Excel"; podrobnosti jsou uloženy u zpracovatele výpočtu.

Průřez	h [m]	A [m ²]	I_i [m ⁴]	h_1 [m]	h_2 [m]	h_3 [m]	h_4 [m]
Pole	1,550	1,73304	0,49624	0,250	0,200	0,200	0,250

Přehled spočítaných normálových napětí při horním a při dolním povrchu konstrukce:

Průřez	Případ	ΔT_1 [°C]	ΔT_2 [°C]	ΔT_3 [°C]	ΔT_4 [°C]	s^h [MPa]	s^d [MPa]	Stav
Pole	4	-13,7	-1,0	-0,6	-6,7	2,814	1,662	Staveb.stav-bez svršku
Pole	5	-13,7	-1,0	-0,6	-6,7	2,814	1,662	Staveb.stav-izolace
Pole	6	-5,0	-0,3	-1,2	-5,6	1,090	1,166	Dokončený most

4.2.2.5. Proměnná složka teploty - ve vodorovném směru

Uvažujeme rozdíl teploty na levém a pravém okraji mostu hodnotou ... 5,0 °C, tzn.:

teplota levého (pravého) okraje mostovky ... 2,5 °C
teplota pravého (levého) okraje mostovky ... -2,5 °C

Nosná konstrukce mostu se skládá ze čtyř podélných nosníků, které jsou překryty souvislou vrstvou kolejového lože, proto uvažujeme výše uvedený teplotní rozdíl na vnějších okrajích celé nosné konstrukce. U jednoho nosníku uvažujeme následující teplotní rozdíly:

Uvažujeme rozdíl teploty na levém a pravém okraji nosníku hodnotou ... 1,25 °C, tzn.:

teplota levého (pravého) okraje nosníku ... 0,625 °C
teplota pravého (levého) okraje nosníku ... -0,625 °C

Z hlediska těchto účinků lze předpokládat, že i ve vodorovném směru nosník působí jako prostě uložený. Rozdíl teploty na levém a pravém okraji nosníku se tedy projeví pouze na jeho deformacích.

4.2.3. ZATÍŽENÍ VĚTREM

4.2.3.1. Výchozí základní rychlost větru $v_{b,0}$

Větrová oblast 1 => $v_{b,0} = 22,5$ m/s (podle [4])

4.2.3.2. Zatížení nosné konstrukce ve směru x - obecná metoda

Vítr působí na mostní objekt v následujících směrech:

směr x je směr rovnoběžný se šířkou nosné konstrukce, kolmý k rozpětí mostu,
směr y je směr rovnoběžný s rozpětím mostu,
směr z je směr kolmý k nosné konstrukci.

Základní rychlost větru se vypočte z výrazu:

$v_b = c_{dir} \cdot c_{season} \cdot v_{b,0}$, kde:

v_b je základní rychlost větru ve výšce 10 m nad zemí v terénu kategorie II, definovaná jako funkce směru větru a ročního období,

$v_{b,0}$ je výchozí základní rychlost větru, definovaná jako charakteristická desetiminutová střední rychlost větru, nezávislá na směru větru a ročním období, ve výšce 10 m nad zemí v terénu bez překážek s nízkou vegetací jako je tráva a izolovanými překážkami, vzdálenými od sebe nejméně 20 násobek výšky překážek,
 $v_{b,0} = 22,5$ m/s,

c_{dir} je součinitel směru větru, $c_{dir} = 1,00$,

c_{season} je součinitel ročního období, $c_{season} = 1,00$.

$v_b = 1,00 \cdot 1,00 \cdot 22,5 = 22,5$ m/s.

Střední rychlost větru $v_m(z)$ ve výšce z nad terénem závisí na drsnosti terénu, orografii a základní rychlosti větru v_b . Stanoví se podle výrazu:

$$v_m(z) = c_r(z) \cdot c_0(z) \cdot v_b, \text{ kde:}$$

$c_r(z)$ je součinitel drsnosti terénu, který vyjadřuje změnu střední rychlosti větru v místě konstrukce způsobenou:

- výškou nad úrovní terénu,
- drsností povrchu terénu na návětrné straně konstrukce pro uvažovaný směr větru.

Součinitel $c_r(z)$ se stanoví podle výrazu:

$$c_r(z) = k_r \cdot \ln(z/z_0) \quad \text{pro} \quad z_{\min} \leq z \leq z_{\max}$$

$$c_r(z) = c_r(z_{\min}) \quad \text{pro} \quad z \leq z_{\min}, \text{ kde:}$$

z_0 je parametr drsnosti terénu:

mostní objekt se nachází v terénu **kategorie III** =>

$$\Rightarrow z_0 = 0,300 \text{ m} \quad (\text{podle [4], tab. 4.1})$$

k_r je součinitel terénu, který závisí na uvažovaném parametru drsnosti terénu z_0 a vypočte se podle vztahu:

$$k_r = 0,19 \cdot (z_0 / z_{0,II})^{0,07}, \text{ kde:}$$

$$z_{0,II} \text{ je } z_0 \text{ pro kategorii terénu II, tzn. } z_{0,II} = 0,050 \text{ m} \\ (\text{podle [4], tab. 4.1})$$

$$k_r = 0,19 \cdot \left(\frac{0,300}{0,050} \right)^{0,07} = 0,22$$

$$z_{\min} \text{ je minimální výška definovaná v [4], tab.4.1, } z_{\min} = 5,000 \text{ m}$$

$$z_{\max} \text{ se uvažuje hodnotou } 200,0 \text{ m,}$$

$$z \text{ je výška nosné konstrukce nad terénem, } z = 10,000 \text{ m.}$$

Protože:

$$z_{\min} = 5,000 \text{ m} < z = 10,000 \text{ m} < z_{\max} = 200,0 \text{ m}$$

spočítá se

$$c_r(z) = k_r \cdot \ln(z/z_0) = 0,22 \cdot \ln\left(\frac{10,000}{0,300}\right) = 0,755$$

$$c_0(z) \text{ je součinitel orografie, } c_0(z) = 1,00,$$

$$v_m(z) = c_r(z) \cdot c_0(z) \cdot v_b = 0,755 \cdot 1,00 \cdot 22,5 = 16,994 \text{ m/s.}$$

Turbulence větru:

Intenzita turbulence $I_v(z)$ ve výšce z je definována jako podíl směrodatné odchylky turbulence a střední rychlosti větru.

Směrodatnou odchylku turbulence σ_v lze stanovit ze vztahu:

$$\sigma_v = k_r \cdot v_b \cdot k_l, \text{ kde:}$$

$$\begin{array}{llll} k_r & \text{je součinitel terénu,} & k_r = & 0,22, \\ v_b & \text{je základní rychlost větru,} & v_b = & 22,5 \text{ m/s,} \\ k_l & \text{je součinitel turbulence,} & k_l = & 1,00, \end{array}$$

$$\sigma_v = 0,22 \cdot 22,5 \cdot 1,00 = 4,846 \text{ m/s.}$$

Intenzita turbulence se stanoví ze vztahu:

$$I_v(z) = \frac{\sigma_v}{v_m(z)} = \frac{k_l}{c_0(z) \cdot \ln(z/z_0)} \quad \text{pro} \quad z_{\min} \leq z \leq z_{\max}$$

$$I_v(z) = I_v(z_{\min}) \quad \text{pro} \quad z \leq z_{\min}$$

Po dosazení:

$$I_v(z) = \frac{4,846}{16,994} = 0,285$$

Maximální dynamický tlak:

Maximální dynamický tlak $q_p(z)$ ve výšce z zahrnuje střední a krátkodobé fluktuace větru a stanoví se ze vztahu:

$$q_p(z) = [1 + 7 \cdot I_v(z)] \cdot 0,5 \cdot r \cdot v_m^2(z) = c_e(z) \cdot q_b, \text{ kde:}$$

r je měrná hmotnost vzduchu, která závisí na nadmořské výšce, teplotě a barometrickém tlaku, který je v oblasti očekáván při silné vichřici,

$$r = 1,25 \text{ kg/m}^3$$

$c_e(z)$ je součinitel expozice, definovaný výrazem:

$$c_e(z) = \frac{q_p(z)}{q_b}, \text{ kde:}$$

q_b je základní dynamický tlak větru, definovaný výrazem:

$$q_b = 0,5 \cdot r \cdot v_b^2$$

$$q_b = 0,5 \cdot 1,25 \cdot 22,5^2 = 316,4063 \text{ N/m}^2$$

$$q_p(z) = [1 + 7 \cdot 0,285] \cdot 0,5 \cdot 1,25 \cdot 16,994^2 = 540,798 \text{ N/m}^2$$

$$c_e(z) = \frac{540,798}{316,4063} = 1,709$$

Tlak větru na povrchy

Tlak větru w_e , působící na vnější povrchy konstrukce, se získá z výrazu:

$$w_e = q_p(z_e) \cdot c_{pe} \quad , \text{ kde}$$

$q_p(z_e)$ je maximální dynamický tlak,
 z_e je referenční výška pro vnější tlak,
 c_{pe} je součinitel vnějšího tlaku.

Síly od větru

Síly od větru na celou konstrukci nebo nosný prvek se mají stanovit:

a) výpočtem sil použitím součinitelů sil. Sílu F_w lze stanovit buď přímo použitím výrazu

$$F_w = c_s c_d \cdot c_f \cdot q_p(z_e) \cdot A_{ref} \quad ,$$

nebo vektorovým součtem sil na jednotlivé nosné prvky použitím výrazu

$$F_w = c_s c_d \cdot \sum c_f \cdot q_p(z_e) \cdot A_{ref} \quad , \text{ kde}$$

$c_s c_d$ je součinitel konstrukce,
 c_f je součinitel síly pro konstrukce nebo nosné prvky,
 $q_p(z_e)$ je maximální dynamický tlak v referenční výšce z_e ,
 A_{ref} je referenční plocha konstrukce nebo nosného prvku,

b) výpočtem sil z povrchových tlaků. Sílu F_w lze stanovit vektorovým součtem sil $F_{w,e}$, $F_{w,i}$ a F_{fr} , vypočtených z vnějších a vnitřních tlaků a třecích sil.

Vnější síly:

$$F_{w,e} = c_s c_d \cdot \sum w_e \cdot A_{ref} \quad ,$$

vnitřní síly:

$$F_{w,i} = \sum w_i \cdot A_{ref} \quad ,$$

třecí síly:

$$F_{fr} = c_{fr} \cdot q_p(z_e) \cdot A_{ref} \quad , \text{ kde}$$

$c_s c_d$ je součinitel konstrukce,
 w_e je vnější tlak na dílčí povrch ve výšce z_e ,
 w_i je vnitřní tlak na dílčí povrch ve výšce z_i ,
 A_{ref} je referenční plocha dílčího povrchu,
 c_{fr} je součinitel tření,
 A_{fr} je plocha vnějšího povrchu rovnoběžná s větrem.

Součinitel konstrukce $c_s c_d$

Součinitel konstrukce $c_s c_d$ má vzít v úvahu účinek zatížení větrem při nesoučasném výskytu maximálních tlaků větru na povrchu konstrukce (c_s), společně s účinkem kmitání konstrukce,

vyvolaného turbulencí (c_d).

Pokud není nutný dynamický výpočet, součin $c_s c_d$ lze brát roven 1,00 (podle [4], čl. 8.2, str. 70).

Součinitele sil ve směru x (obecná metoda)

Součinitele sil pro zatížení nosné konstrukce mostu větrem ve směru x jsou dány vztahem:

$$c_{f,x} = c_{f,x,0}, \text{ kde}$$

$c_{f,x,0}$ je součinitel síly bez vlivu proudění kolem volných konců. Pro běžné mosty lze brát

$$c_{f,x,0} = 1,30. \text{ Lze také brát } c_{f,x,0} \text{ podle [4], obr. 8.3.}$$

V tomto výpočtu počítáme dále s hodnotami stanovenými podle obr. 8.3.

a) Hodnoty $c_{f,x,0}$ - výpočet:

Nezatížený most:

$$d_{\text{tot}} = 1,550 + 0,620 + 0,200 + 0,300 = 2,670 \text{ m}$$

$$b = 9,660 \text{ m}$$

$$b/d_{\text{tot}} = 3,619 \Rightarrow c_{f,x,0} = 1,41$$

Zatížený most:

$$d_{\text{tot}} = 1,550 + 0,620 + 0,200 + 4,000 = 6,370 \text{ m}$$

$$b = 9,660 \text{ m}$$

$$b/d_{\text{tot}} = 1,517 \Rightarrow c_{f,x,0} = 2,05$$

b) Součinitel $c_{f,x,0}$ - rozhodující hodnoty

$$\text{Nezatížený most: } c_{f,x,0} = 1,414$$

$$\text{Zatížený most: } c_{f,x,0} = 2,045$$

Referenční plocha $A_{\text{ref},x}$ bez zatížení dopravou se definuje jako součet (pro konstrukce s plnostěnnými nosníky):

- čelní plochy předního hlavního nosníku,
- čelní plochy těch částí průmětů ostatních hlavních nosníků, vyčnívajících pod prvním nosníkem,
- čelní plochy části jedné římsy nebo chodníku nebo koleje se šterkovým ložem, převyšující čelo hlavního nosníku,
- čelní plochy neprodyšných svodidel nebo protihlukových stěn nad římsami, nebo při absenci takových zařízení, 0,3 m pro každé prodyšné zábradlí nebo svodidlo.

Pás pohyblivého zatížení na železničních mostech má výšku 4,0 m od temene kolejnic.
Uvažuje se na nejméně příznivé délce, nezávisle na umístění svislých zatížení od dopravy.

V daném případě uvažujeme následující výšky referenční plochy (včetně vlivu příčného sklonu):

Nezatížený most: $h_{\text{ref}} = 2,670 \text{ m}$

Zatížený most: $h_{\text{ref}} = 6,370 \text{ m}$

Zatížení větrem na 1 m délky nosné konstrukce:

Nezatížený most:

$$f_{w,x} = c_s c_d \cdot c_f \cdot q_p(z_e) \cdot A_{\text{ref}} = 1,00 \quad 1,414 \quad 0,541 \quad 2,670 = 2,042 \text{ kN/m}$$

Zatížený most:

$$f_{w,x} = 1,00 \quad 2,045 \quad 0,541 \quad 6,370 = 7,044 \text{ kN/m}$$

4.2.3.3. Síly ve směru x - zjednodušená metoda

Pokud není nutný dynamický výpočet odezvy, sílu větru ve směru x lze získat pomocí výrazu:

$$F_w = 0,5 \cdot r \cdot v_b^2 \cdot C \cdot A_{\text{ref},x}, \text{ kde:}$$

v_b je základní rychlost větru,

$$v_b = 22,5 \text{ m/s,}$$

C je součinitel zatížení větrem, $C = c_e \cdot c_{f,x}$, kde

c_e je součinitel expozice,

$c_{f,x}$ je součinitel sil pro zatížení nosné konstrukce mostu větrem ve směru x

Doporučené hodnoty součinitele C jsou uvedeny v následující tabulce:

b/d_{tot}	$z_e \leq 20 \text{ m}$	$z_e = 50 \text{ m}$
$\leq 0,50$	6,7	8,3
$\geq 4,00$	3,6	4,5

Tabulka vychází z následujících předpokladů:

- kategorie terénu II,
- součinitel síly podle ČSN EN 1991-1-4, čl. 8.3.1(1),
- $c_0 = 1,0$,
- $k_1 = 1,0$.

Pro mezilehlé hodnoty b/d_{tot} a z_e lze použít lineární interpolaci.

V daném případě: $z_e = 10,000$

Nezatížený most: $b/d_{\text{tot}} = 3,619 \Rightarrow C = 3,938$

Zatížený most: $b/d_{\text{tot}} = 1,517 \Rightarrow C = 5,800$

r je měrná hmotnost vzduchu: $r = 1,25 \text{ kg/m}^3$

$A_{\text{ref},x}$ je referenční plocha pro zatížení větrem ve směru x .

Nezatížený most:

$$f_w = 0,5 \cdot 1,25 \cdot 22,5^2 \cdot 3,938 \cdot 2,670 = 3326,017 \text{ N/m} = 3,326 \text{ kN/m}$$

Zatížený most:

$$f_w = 0,5 \cdot 1,25 \cdot 22,5^2 \cdot 5,800 \cdot 6,370 = 11688,18 \text{ N/m} = 11,688 \text{ kN/m}$$

4.2.3.4. Síly ve směru x - přehled hodnot

Most	f_w [kN/m]	
	Obecná metoda	Zjednodušená met.
Nezatížený	2,042	3,326
Zatížený	7,044	11,688

Při výpočtu použijeme hodnoty získané obecnou metodou, které lze považovat za přesnější:

nezatížený most ... $f_w = 2,042 \text{ kN/m}$

zatížený most ... $f_w = 7,044 \text{ kN/m}$

Výška působíště zatížení větrem nad povrchem nosníku:

$$h_{\text{labk}} = (1,550 + 0,620 + 0,200 + 4,000) / 2 - 1,550 = 1,635 \text{ m}$$

4.2.3.5. Síly ve směru y

Síly ve směru y (tj. ve směru podélné osy mostu) se mají pro plnostěnné mosty uvažovat jako 25% sil ve směru x .

Délka nosné konstrukce: $32,300 \text{ m}$

Celková síla ve směru x:

Nezatížený most ...	$F_{w,x} =$	2,042	32,300	=	65,9539 kN
Zatížený most ...	$F_{w,x} =$	7,044	32,300	=	227,5308 kN

Síla od větru ve směru y:

Nezatížený most ...	$F_{w,y} =$	0,25	65,954	=	16,488 kN
Zatížený most ...	$F_{w,y} =$	0,25	227,531	=	56,883 kN

Síla od větru ve směru y na 1 m délky nosné konstrukce:

Nezatížený most ...	$F_{w,y} =$	0,25	2,042	=	0,510 kN/m
Zatížený most ...	$F_{w,y} =$	0,25	7,044	=	1,761 kN/m

4.2.3.6. Síly ve směru z

Tato síla má významné účinky pouze tehdy, jestliže je stejného řádu jako stálé zatížení. To v tomto případě neplatí (stálé zatížení je podstatně větší), proto zatížení větrem ve svislém směru ve výpočtu neuvažujeme.

4.3. STAVENIŠTNÍ ZATÍŽENÍ

Pro orientační ověření konstrukce uvažujeme pro dobu realizace staveništní zatížení v hodnotě:

$$1,000 \text{ kN/m}^2, \quad \text{tzn.} \quad 2,120 \quad 1,000 \quad = \quad 2,120 \text{ kN/m}$$

4.4. KOMBINACE ZATÍŽENÍ

4.4.1. ZÁSADY (podle [6] , kap.6.8, str. 98)

Konstrukce se musí navrhnut na požadovaný počet a polohu kolejí podle stanovených poloh kolejí a tolerancí. Každá konstrukce se má také navrhnut na největší, geometricky a konstrukčně možný, počet kolejí v nejméně příznivé poloze, bez ohledu na polohu zamýšlených kolejí, přičemž se berou v úvahu stanovené minimální vzdálenosti kolejí a požadavky na průjezdní průřez.

Účinky všech zatížení se musí stanovit ze zatížení dopravou umístěných v nejnepříznivějších polohách. Zatížení dopravou, která vyvolávají odlehčující účinek, se musí zanedbat.

Pro konstrukce převádějící dvě koleje se musí použít Model zatížení 71 na jedné nebo na obou kolejích. Pro konstrukce převádějící tři nebo více kolejí se musí použít Model zatížení 71 na jedné nebo na dvou libovolných kolejích nebo 0,75-násobek Modelu zatížení 71 na třech nebo více kolejích.

Všechny mosty navržené jako spojitý nosníky na Model zatížení 71 musí být také posouzeny na Model zatížení SW/0. Součinitel a (resp. w) se použije pro Model zatížení 71 i pro Model zatížení SW/0.

Pro stanovení nejnepříznivějších účinků zatížení od Modelu zatížení SW/0 -

- se musí na kolej použít jednou zatížení Modelem SW/0,
- pro konstrukce převádějící dvě koleje se musí použít Model zatížení SW/0 na jedné koleji nebo na obou kolejích,

- pro konstrukce převádějící tři nebo více kolejí se musí použít Model zatížení SW/0 na jedné koleji nebo na dvou libovolných kolejích nebo 0,75-násobek Modelu zatížení SW/0 na třech nebo více kolejích.

Pro stanovení nejnejpříznivějších účinků zatížení od zatěžovacího modelu "nezatížený vlak" -

- se musí na kolej použít jakýkoli počet délek rovnoměrně rozděleného zatížení q_{vk} ,
- obecně se musí Model zatížení "nezatížený vlak" uvažovat jen při návrhu konstrukce převádějící jednu kolej.

Při ověřování deformací a kmitání se musí použít následující svislá zatížení -

- Model zatížení 71 a, pokud se požadují, Modely zatížení SW/0 a SW/2,
- Model zatížení HSLM, pokud se požaduje dynamická analýza konstrukce,
- skutečné vlaky, pro stanovení dynamického chování v případě rezonance nebo nadměrných kmitání nosné konstrukce, pokud jsou požadovány podle [6] .

Pro nosné konstrukce mostu převádějící jednu nebo více kolejí se musí posoudit meze průhybu a kmitání, s počtem kolejí zatížených všemi souvisejícími příslušnými důležitými zatíženími dopravou podle tabulky v [6] tabulky. Klasifikovaná zatížení se uvažují včetně součinitele α .

Sestavy zatížení - charakteristické hodnoty vícesložkových zatížení:

Současné působení dopravních zatížení lze uvažovat sestavami zatížení dle [6] , tab. 6.11. Každá z těchto sestav, které se navzájem vylučují, se má uvažovat jako jednotlivé proměnné charakteristické zatížení pro kombinaci s nedopravními zatíženími. Každá sestava zatížení se má použít jako jednotlivé proměnné zatížení.

Ačkoliv se jedná o dvoukolejný most, jednotlivé nosníky jsou v příčném směru vzájemně nepropojeny a na každý nosník působí účinky pouze jedné koleje. Uvažované sestavy zatížení jsou uvedeny v následující tabulce.

Sestavy zatížení	Svislé zatížení			Vodorovné zatížení			Poznámka
	Model 71 a SW/0, je-li stanoveno	SW/2	Nezatížený vlak	Rozjezdové a brzdné síly	Odstředivé síly	Boční ráz	
gr11	1,00	-	-	1,00	0,50	0,50	Max.svislá 1 s max.podélnou
gr12	1,00	-	-	0,50	1,00	1,00	Max.svislá 2 s max.příčnou
gr13	1,00	-	-	1,00	0,50	0,50	Maximální podélná
gr14	1,00	-	-	0,50	1,00	1,00	Maximální boční
gr15	-	-	1,00	-	1,00	1,00	Boční stabilita s nezat.vlakem

Doplňující informace jsou v [6] .

Protože v daném případě jsou účinky vodorovných příčných zatížení (zejména zatížení větrem) větší než účinky vodorovných podélných zatížení, budeme při stanovení zatížitelnosti uvažovat sestavy zatížení gr12 a gr 14.

Pokud se sestavy zatížení neuvažují, musí se zatížení železniční dopravou kombinovat podle tabulky A2.3 v [2] .

Současnost působení modelů zatížení s jinými zatíženími:

Zatížení sněhem se nemusí uvažovat v žádných kombinacích v trvalých ani dočasných návrhových situacích po dokončení mostu, pokud není stanoveno jinak pro konkrétní klimatické oblasti nebo určité typy železničních mostů.

Zatížení větrem se nemusí kombinovat se -

- sestavami zatížení gr13 nebo gr23,
- sestavami zatížení gr16, gr17, gr26, gr27 a s Modelem zatížení SW/2.

Se zatížením dopravou se nemá kombinovat zatížení větrem vyšší, než je nižší z hodnot F_w^{**} nebo $y_0 F_{w,k}$.

Tam, kde se pro zatížení kolejovou dopravou nepoužívají sestavy zatížení, má být zatížení kolejovou dopravou uvažováno jako jedno vícesměrné proměnné zatížení s jednotlivými složkami kolejové dopravy uvažovanými jako maximální nepříznivé a minimální příznivé hodnoty.

Úprava podle Metodického pokynu SŽDC - [1] :

Svislé proměnné zatížení železniční dopravou se při přepočtu mostního objektu zohledňuje Modelem zatížení 71 se součinitelem $a = 1,00$. Odlehčujících účinků tohoto zatížení se nedbá.

Vliv excentricity svislého proměnného zatížení železniční dopravou se zohlední zaměřením skutečné polohy koleje na mostním objektu. Pokud odborný útvar zadavatele nestanoví jinak, uvažuje se při přepočtu stávajícího mostního objektu i excentricita podle [2] .

Dynamická analýza mostního objektu se provádí jen na základě dohody odborného útvaru zadavatele a zpracovatele přepočtu stávajícího mostního objektu.

Odstředivá síla se uvažuje se součinitelem $a = 1,00$ a bez dynamického součinitele.

Zatížení rozjezdovými a brzdnými silami se uvažuje se součinitelem $a = 1,00$.

Proměnné zatížení železniční dopravou na dvoukolejných a vícekolejných mostech se stanoví dle [2] s tím, že se uvažuje případ zatížení jen Modelem zatížení 71 na jedné nebo na dvou kolejích, příp. zatížení v hodnotě 0,75-násobku Modelu zatížení 71 na třech a více kolejích. Ostatní modely zatížení železniční dopravou (SW/0, SW/2, HSLM apod.) se neuvažují.

Jednotlivá proměnná zatížení železniční dopravou, reprezentovaná Modelem zatížení 71 včetně zatížení bočním rázem, rozjezdovými a brzdnými silami a odstředivou silou pro mostní objekty s kolejí v oblouku, se v přepočtech stávajících mostních objektů považují za skupinové vícesložkové zatížení železniční dopravou s pravidly tvoření skupin (sestav) podle tabulky 6.11 v [2] . Každá z těchto skupin (sestav) zatížení, vzájemně se vylučujících, představuje jedno charakteristické proměnné zatížení pro kombinaci s nedopravními zatíženími.

Kombinace zatížení současně se vyskytující spolu se zatížením železniční dopravou, včetně hodnot součinitelů y , se určí dle [2] . Při výběru kombinačních pravidel z hlediska mezních stavů únosnosti se používá méně příznivá kombinace z (6.10a) a (6.10b).

Dílčí součinitele zatížení se uvažují následovně:

- stálé zatížení

- prvky mladší než 30 let

- | | |
|----------------------------------|------|
| - ocelové a prefabrikované prvky | 1,25 |
| - prvky z ostatních materiálů | 1,30 |

- prvky starší než 30 let		
- ocelové a prefabrikované prvky		
- při kontrole rozměrů měřením		1,20
- bez kontroly rozměrů měřením		1,25
- prvky z ostatních materiálů		
- při kontrole rozměrů měřením		1,25
- bez kontroly rozměrů měřením		1,30
- hodnota uvažovaná ve výpočtu	g_0	1,25
	$g-g_0$	1,30

- zatížení železniční dopravou

- prvky mladší než 30 let	1,45
- prvky starší než 30 let	1,30
- hodnota uvažovaná ve výpočtu	1,30

- ostatní proměnná zatížení

- prvky mladší než 30 let	1,50
- prvky starší než 30 let	1,35
- hodnota uvažovaná ve výpočtu	1,35

4.4.2. POPIS KOMBINACÍ

4.4.2.1. Kombinace zatížení pro mezní stavy únosnosti

(podle [2] , čl. 6.4.3.2, str. 40)

a) Kombinace pro trvalé a dočasné návrhové situace a pro mezní stavy únosnosti kromě těch, které se vztahují k únavě:

$$S_{G,j} G_{k,j} "+" g_P P_k "+" g_{Q,1} Q_{k,1} "+" S_{Q,i} y_{0,i} Q_{k,i} \quad (\text{vztah 6.10})$$

nebo alternativně pro mezní stavy STR a GEO jako méně příznivá kombinace z následujících dvou výrazů:

$$S_{G,j} G_{k,j} "+" g_P P_k "+" g_{Q,1} y_{0,1} Q_{k,1} "+" S_{Q,i} y_{0,i} Q_{k,i} \quad (\text{vztah 6.10a})$$

$$S_{x,j} g_{G,j} G_{k,j} "+" g_P P_k "+" g_{Q,1} Q_{k,1} "+" S_{Q,i} y_{0,i} Q_{k,i} \quad (\text{vztah 6.10b})$$

b) Kombinace pro mimořádné návrhové situace:

$$S_{G,k,j} "+" P "+" A_d "+" (y_{1,1} \text{ nebo } y_{2,1}) Q_{k,1} "+" S_{y_{2,i}} Q_{k,i}$$

Kombinace zatížení pro mimořádné návrhové situace mají -

- buď přímo zahrnovat mimořádné zatížení A (požár nebo náraz), nebo
- být vztaženy k situaci po mimořádné události ($A = 0$).

c) Kombinace pro seizmické návrhové situace:

$$SG_{k,j} "+" P "+" A_{Ed} "+" Sy_{2,i} Q_{k,i}$$

4.4.2.2. Kombinace pro mezní stavy použitelnosti

(podle [2] , čl. 6.5.3, str. 41)

a) Charakteristická (výjimečná) kombinace:

$$SG_{k,j} "+" P_k "+" Q_{k,1} "+" Sy_{0,i} Q_{k,i}$$

b) Častá kombinace:

$$SG_{k,j} "+" P_k "+" y_{1,1} Q_{k,1} "+" Sy_{2,i} Q_{k,i}$$

c) Kvazistálá kombinace:

$$SG_{k,j} "+" P_k "+" Sy_{2,i} Q_{k,i}$$

4.4.3. DÍLČÍ SOUČinitele spolehlivosti zatížení

(podle [2] , tab. A2.3 a podle [1] , čl. 4.3, str. 20)

Zatížení	Značka	Situace	
		T / D	M
Stálá zatížení: vlastní tíha konstrukčních a nekonstrukčních částí, stálá zatížení od zeminy, podzemní a povrchová voda			
nepříznivá g_0	g_{sup}	1,25	1,00
$g-g_0$		1,30	1,00
příznivá	g_{inf}	1,00	1,00
Předpětí	g_p	1,00	1,00
Sedání	g_{set}	1,20	
Zatížení dopravou	g_Q		
nepříznivá		1,30	1,00
příznivá		0,00	0,00
Další nahodilá zatížení	g_Q		
nepříznivá		1,35	1,00
příznivá		0,00	0,00
Mimořádná zatížení	g_A		1,00

Poznámky:

- kurzívou psané hodnoty jsou uvedeny v [1] ,
- doplňující informace jsou uvedeny v [1] a [2] .

$$x_G = 0,85$$

4.4.4. SOUČinitele kombinace pro železniční mosty

(podle [2] , tab.G.2, str.119)

Zatížení		y_0	y_1	y_2
Jednotlivá zatížení dopravou	LM71	0,80	¹⁾	0,00
	SW/0	0,80	¹⁾	0,00
	SW/2	0,00	1,00	0,00
	Nezatížený vlak	1,00	-	-
	Rozjezd.a brzdné síly	stejně hodnoty y jako pro vedlejší svislé zatížení dtto		
	Odstředivé síly			
	Síly interakce vznikající od průhybu pod svislým zatížením dopravou			
	Boční ráz	1,00	0,80	0,00
	Zatížení neveřejných chodníků	0,80	0,50	0,00
	Zatížení násypů	0,80	¹⁾	0,00
	Aerodynamické účinky	0,80	0,50	0,00
Sestavy zatížení	gr11	0,80	0,80	0,00
	gr12	0,80	0,80	0,00
	gr13	0,80	0,80	0,00
	gr14	0,80	0,80	0,00
	gr15	0,80	0,80	0,00
Síly od větru	F_{wk} nebo F_{wn}	0,75	0,50	0,00
	F_w^{**}	1,00	0,00	0,00
Účinky teploty	$T_k^{3)}$	0,60	0,60	0,50

- ¹⁾ 0,80 při zatížení jedné koleje
0,60 při zatížení dvou kolejí
0,40 při současném zatížení tří nebo více kolejí

Doplňující informace jsou v [2] .

5. VÝPOČET VNITŘNÍCH SIL A NAPĚTÍ

5.1. PŘÍČINKOVÉ ČÁRY

5.1.1. PŘEHLED HODNOT PŘÍČINKOVÝCH ČAR

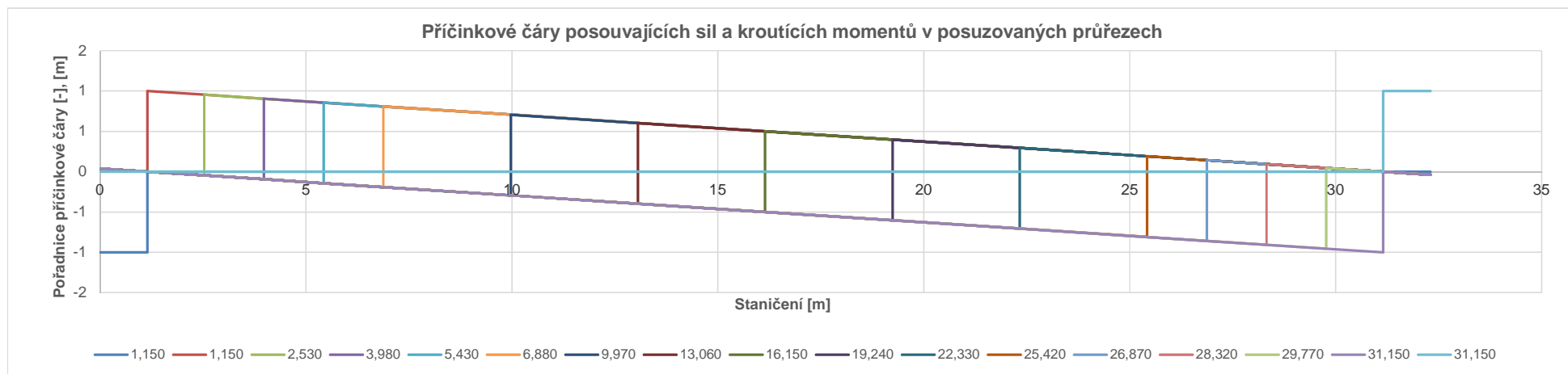
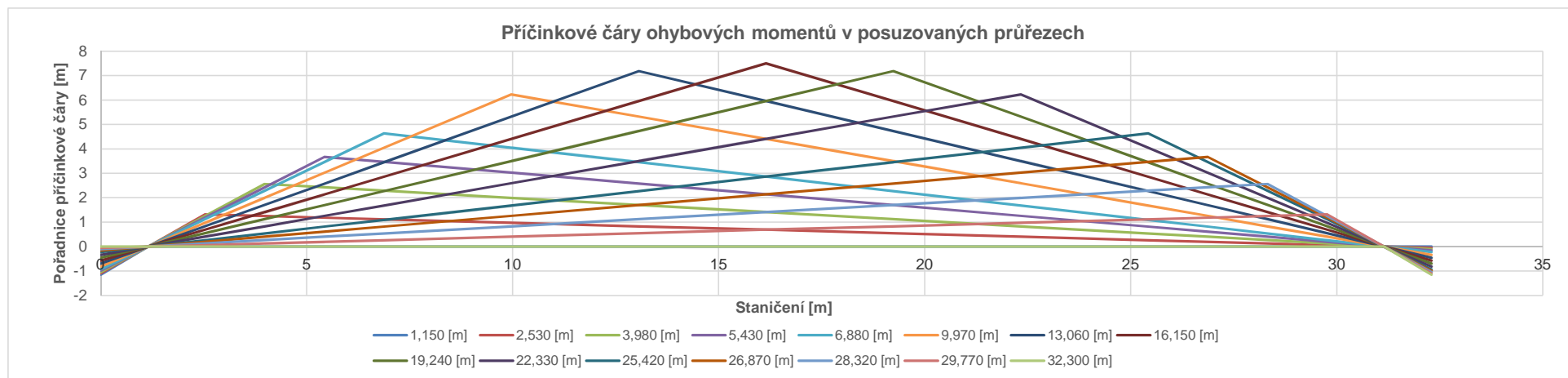
5.1.1.1. Ohybové momenty

Poloha	Staničení [m]	Pořadnice příčinkových čar ohybového momentu v řezu														
		1,150 [m]	2,530 [m]	3,980 [m]	5,430 [m]	6,880 [m]	9,970 [m]	13,060 [m]	16,150 [m]	19,240 [m]	22,330 [m]	25,420 [m]	26,870 [m]	28,320 [m]	29,770 [m]	32,300 [m]
Celo	0,000	-1,150	-1,097	-1,042	-0,986	-0,930	-0,812	-0,693	-0,575	-0,457	-0,338	-0,220	-0,164	-0,108	-0,053	0,000
Osa uložení	1,150	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	1,150	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	2,530	0,000	1,317	1,250	1,183	1,116	0,974	0,832	0,690	0,548	0,406	0,264	0,197	0,130	0,063	0,000
	2,530	0,000	1,317	1,250	1,183	1,116	0,974	0,832	0,690	0,548	0,406	0,264	0,197	0,130	0,063	0,000
0	3,980	0,000	1,250	2,563	2,426	2,289	1,998	1,706	1,415	1,124	0,832	0,541	0,404	0,267	0,130	0,000
	3,980	0,000	1,250	2,563	2,426	2,289	1,998	1,706	1,415	1,124	0,832	0,541	0,404	0,267	0,130	0,000
	5,430	0,000	1,183	2,426	3,669	3,463	3,022	2,581	2,140	1,699	1,258	0,817	0,611	0,404	0,197	0,000
	5,430	0,000	1,183	2,426	3,669	3,463	3,022	2,581	2,140	1,699	1,258	0,817	0,611	0,404	0,197	0,000
0	6,880	0,000	1,116	2,289	3,463	4,636	4,045	3,455	2,865	2,275	1,685	1,094	0,817	0,541	0,264	0,000
	6,880	0,000	1,116	2,289	3,463	4,636	4,045	3,455	2,865	2,275	1,685	1,094	0,817	0,541	0,264	0,000
	9,970	0,000	0,974	1,998	3,022	4,045	6,227	5,318	4,410	3,502	2,593	1,685	1,258	0,832	0,406	0,000
	9,970	0,000	0,974	1,998	3,022	4,045	6,227	5,318	4,410	3,502	2,593	1,685	1,258	0,832	0,406	0,000
	13,060	0,000	0,832	1,706	2,581	3,455	5,318	7,182	5,955	4,728	3,502	2,275	1,699	1,124	0,548	0,000
	13,060	0,000	0,832	1,706	2,581	3,455	5,318	7,182	5,955	4,728	3,502	2,275	1,699	1,124	0,548	0,000
Střed rozpětí	16,150	0,000	0,690	1,415	2,140	2,865	4,410	5,955	7,500	5,955	4,410	2,865	2,140	1,415	0,690	0,000
	16,150	0,000	0,690	1,415	2,140	2,865	4,410	5,955	7,500	5,955	4,410	2,865	2,140	1,415	0,690	0,000
	19,240	0,000	0,548	1,124	1,699	2,275	3,502	4,728	5,955	7,182	5,318	3,455	2,581	1,706	0,832	0,000
	19,240	0,000	0,548	1,124	1,699	2,275	3,502	4,728	5,955	7,182	5,318	3,455	2,581	1,706	0,832	0,000
	22,330	0,000	0,406	0,832	1,258	1,685	2,593	3,502	4,410	5,318	6,227	4,045	3,022	1,998	0,974	0,000
	22,330	0,000	0,406	0,832	1,258	1,685	2,593	3,502	4,410	5,318	6,227	4,045	3,022	1,998	0,974	0,000
0	25,420	0,000	0,264	0,541	0,817	1,094	1,685	2,275	2,865	3,455	4,045	4,636	3,463	2,289	1,116	0,000
	25,420	0,000	0,264	0,541	0,817	1,094	1,685	2,275	2,865	3,455	4,045	4,636	3,463	2,289	1,116	0,000
	26,870	0,000	0,197	0,404	0,611	0,817	1,258	1,699	2,140	2,581	3,022	3,463	3,669	2,426	1,183	0,000
	26,870	0,000	0,197	0,404	0,611	0,817	1,258	1,699	2,140	2,581	3,022	3,463	3,669	2,426	1,183	0,000
0	28,320	0,000	0,130	0,267	0,404	0,541	0,832	1,124	1,415	1,706	1,998	2,289	2,426	2,563	1,250	0,000
	28,320	0,000	0,130	0,267	0,404	0,541	0,832	1,124	1,415	1,706	1,998	2,289	2,426	2,563	1,250	0,000
	29,770	0,000	0,063	0,130	0,197	0,264	0,406	0,548	0,690	0,832	0,974	1,116	1,183	1,250	1,317	0,000
	29,770	0,000	0,063	0,130	0,197	0,264	0,406	0,548	0,690	0,832	0,974	1,116	1,183	1,250	1,317	0,000
Osa uložení	31,150	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	31,150	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Celo	32,300	0,000	-0,053	-0,108	-0,164	-0,220	-0,338	-0,457	-0,575	-0,693	-0,812	-0,930	-0,986	-1,042	-1,097	-1,150

Derivace příčinkových čar ohybových momentů:

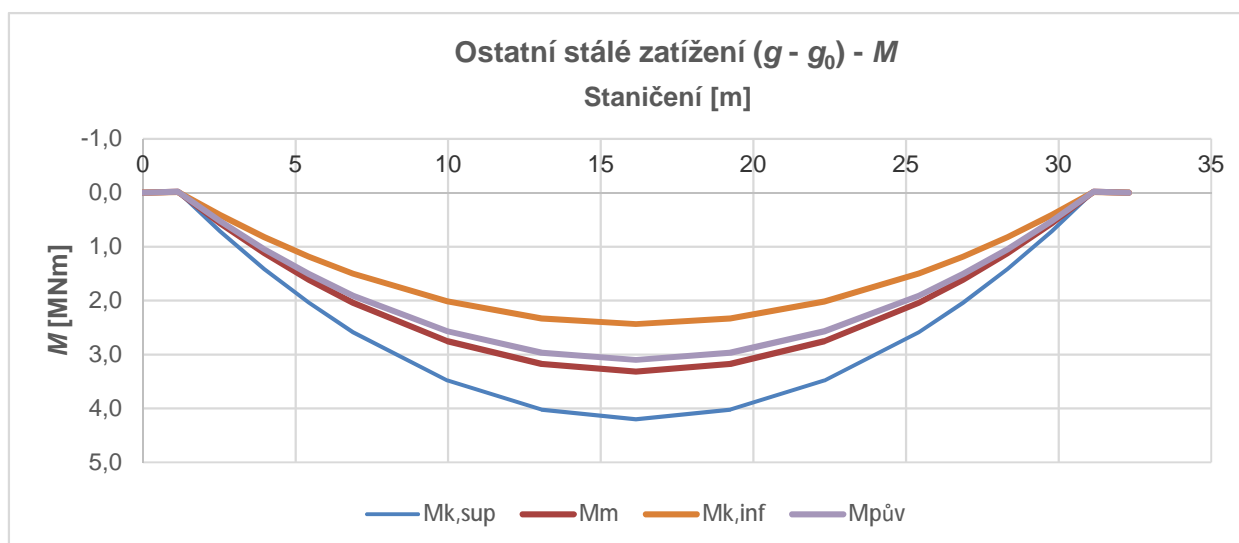
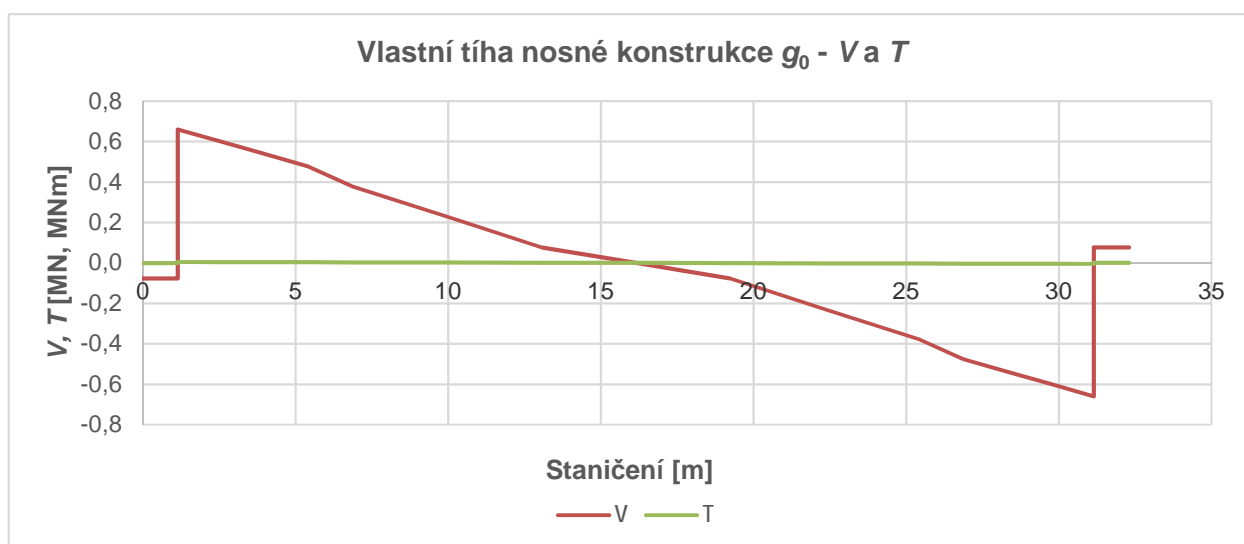
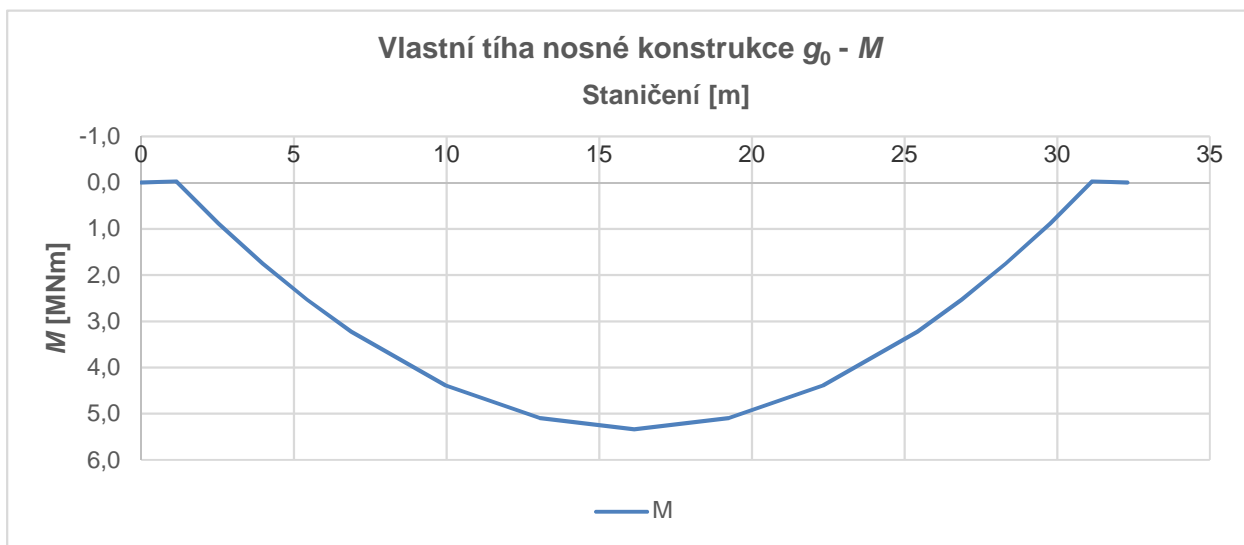
Poloha	Staničení [m]	Pořadnice derivací příčinkových čar ohybového momentu v řezu														
		1,150 [m]	2,530 [m]	3,980 [m]	5,430 [m]	6,880 [m]	9,970 [m]	13,060 [m]	16,150 [m]	19,240 [m]	22,330 [m]	25,420 [m]	26,870 [m]	28,320 [m]	29,770 [m]	32,300 [m]
Celo	0,000	1,000	0,954	0,906	0,857	0,809	0,706	0,603	0,500	0,397	0,294	0,191	0,143	0,094	0,046	0,000
Osa uložení	1,150	0,000	0,954	0,906	0,857	0,809	0,706	0,603	0,500	0,397	0,294	0,191	0,143	0,094	0,046	0,000
	1,150	0,000	0,954	0,906	0,857	0,809	0,706	0,603	0,500	0,397	0,294	0,191	0,143	0,094	0,046	0,000
	2,530	0,000	-0,046	0,906	0,857	0,809	0,706	0,603	0,500	0,397	0,294	0,191	0,143	0,094	0,046	0,000
	2,530	0,000	-0,046	0,906	0,857	0,809	0,706	0,603	0,500	0,397	0,294	0,191	0,143	0,094	0,046	0,000
0	3,980	0,000	-0,046	-0,094	0,857	0,809	0,706	0,603	0,500	0,397	0,294	0,191	0,143	0,094	0,046	0,000
	3,980	0,000	-0,046	-0,094	0,857	0,809	0,706	0,603	0,500	0,397	0,294	0,191	0,143	0,094	0,046	0,000
	5,430	0,000	-0,046	-0,094	-0,143	0,809	0,706	0,603	0,500	0,397	0,294	0,191	0,143	0,094	0,046	0,000
	5,430	0,000	-0,046	-0,094	-0,143	0,809	0,706	0,603	0,500	0,397	0,294	0,191	0,143	0,094	0,046	0,000
0	6,880	0,000	-0,046	-0,094	-0,143	-0,191	0,706	0,603	0,500	0,397	0,294	0,191	0,143	0,094	0,046	0,000
	6,880	0,000	-0,046	-0,094	-0,143	-0,191	0,706	0,603	0,500	0,397	0,294	0,191	0,143	0,094	0,046	0,000
	9,970	0,000	-0,046	-0,094	-0,143	-0,191	-0,294	0,603	0,500	0,397	0,294	0,191	0,143	0,094	0,046	0,000
	9,970	0,000	-0,046	-0,094	-0,143	-0,191	-0,294	0,603	0,500	0,397	0,294	0,191	0,143	0,094	0,046	0,000
	13,060	0,000	-0,046	-0,094	-0,143	-0,191	-0,294	-0,397	0,500	0,397	0,294	0,191	0,143	0,094	0,046	0,000
	13,060	0,000	-0,046	-0,094	-0,143	-0,191	-0,294	-0,397	0,500	0,397	0,294	0,191	0,143	0,094	0,046	0,000
Střed rozpětí	16,150	0,000	-0,046	-0,094	-0,143	-0,191	-0,294	-0,397	-0,500	0,397	0,294	0,191	0,143	0,094	0,046	0,000
	16,150	0,000	-0,046	-0,094	-0,143	-0,191	-0,294	-0,397	-0,500	0,397	0,294	0,191	0,143	0,094	0,046	0,000
	19,240	0,000	-0,046	-0,094	-0,143	-0,191	-0,294	-0,397	-0,500	-0,603	0,294	0,191	0,143	0,094	0,046	0,000
	19,240	0,000	-0,046	-0,094	-0,143	-0,191	-0,294	-0,397	-0,500	-0,603	0,294	0,191	0,143	0,094	0,046	0,000
	22,330	0,000	-0,046	-0,094	-0,143	-0,191	-0,294	-0,397	-0,500	-0,603	-0,706	0,191	0,143	0,094	0,046	0,000
	22,330	0,000	-0,046	-0,094	-0,143	-0,191	-0,294	-0,397	-0,500	-0,603	-0,706	0,191	0,143	0,094	0,046	0,000
0	25,420	0,000	-0,046	-0,094	-0,143	-0,191	-0,294	-0,397	-0,500	-0,603	-0,706	-0,809	0,143	0,094	0,046	0,000
	25,420	0,000	-0,046	-0,094	-0,143	-0,191	-0,294	-0,397	-0,500	-0,603	-0,706	-0,809	0,143	0,094	0,046	0,000
	26,870	0,000	-0,046	-0,094	-0,143	-0,191	-0,294	-0,397	-0,500	-0,603	-0,706	-0,809	-0,857	0,094	0,046	0,000
	26,870	0,000	-0,046	-0,094	-0,143	-0,191	-0,294	-0,397	-0,500	-0,603	-0,706	-0,809	-0,857	0,094	0,046	0,000
0	28,320	0,000	-0,046	-0,094	-0,143	-0,191	-0,294	-0,397	-0,500	-0,603	-0,706	-0,809	-0,857	-0,906	0,046	0,000
	28,320	0,000	-0,046	-0,094	-0,143	-0,191	-0,294	-0,397	-0,500	-0,603	-0,706	-0,809	-0,857	-0,906	0,046	0,000
	29,770	0,000	-0,046	-0,094	-0,143	-0,191	-0,294	-0,397	-0,500	-0,603	-0,706	-0,809	-0,857	-0,906	-0,954	0,000
	29,770	0,000	-0,046	-0,094	-0,143	-0,191	-0,294	-0,397	-0,500	-0,603	-0,706	-0,809	-0,857	-0,906	-0,954	0,000
Osa uložení	31,150	0,000	-0,046	-0,094	-0,143	-0,191	-0,294	-0,397	-0,500	-0,603	-0,706	-0,809	-0,857	-0,906	-0,954	-1,000
	31,150	0,000	-0,046	-0,094	-0,143	-0,191	-0,294	-0,397	-0,500	-0,603	-0,706	-0,809	-0,857	-0,906	-0,954	-1,000
Celo	32,300	0,000	-0,002	-0,003	-0,005	-0,007	-0,010	-0,014	-0,018	-0,021	-0,025	-0,029	-0,031	-0,032	-0,034	-0,036

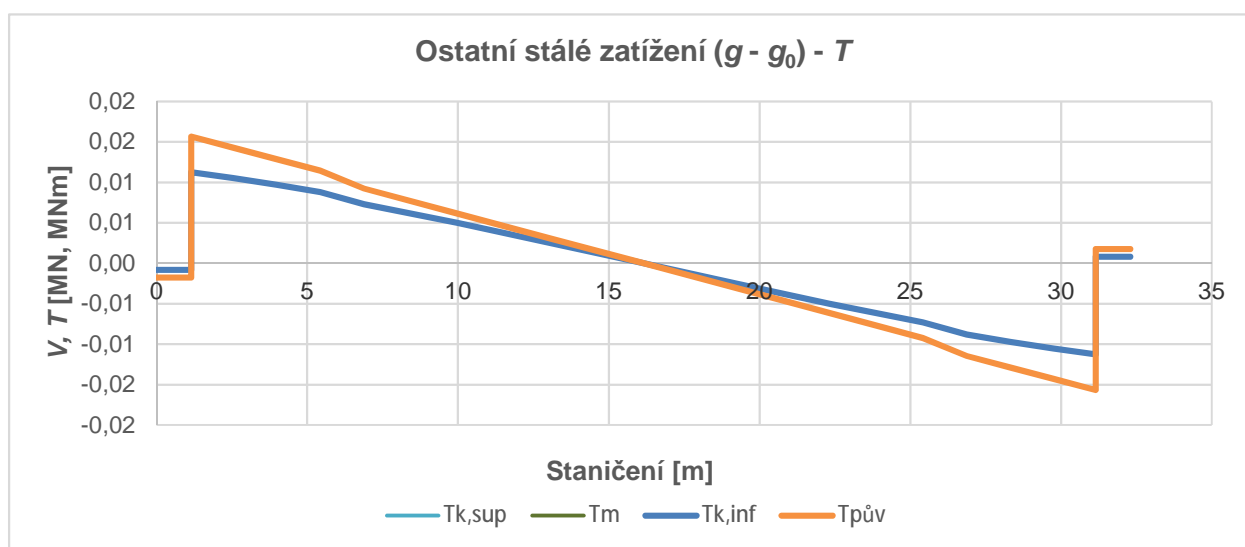
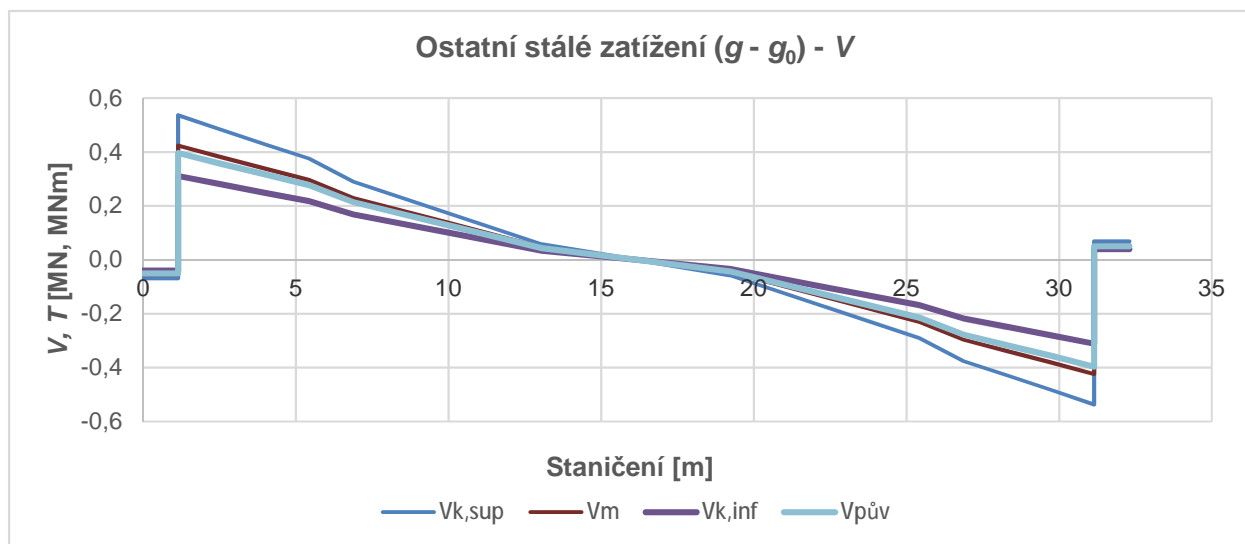
5.1.2. SCHÉMA PŘÍČINKOVÝCH ČAR



5.2. VNITŘNÍ SÍLY - ZATÍŽENÍ STÁLÉ

Na následujících grafech jsou vyneseny průběhy vnitřních sil na jeden prefabrikovaný nosník (zatížení z jedné koleje se roznáší na dva nosníky pod kolejí).

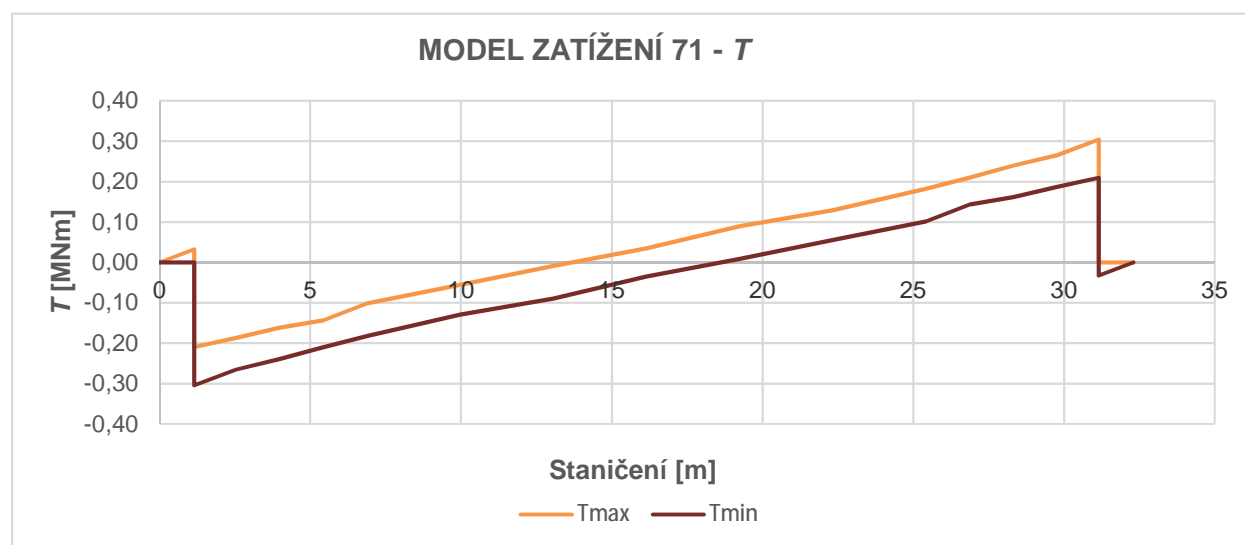
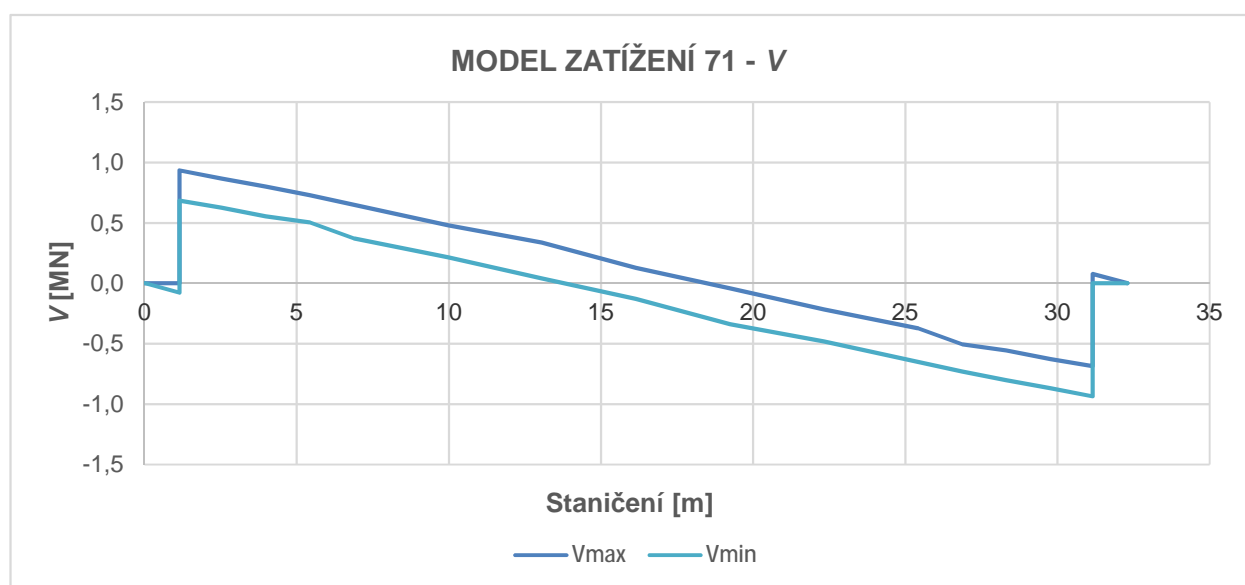
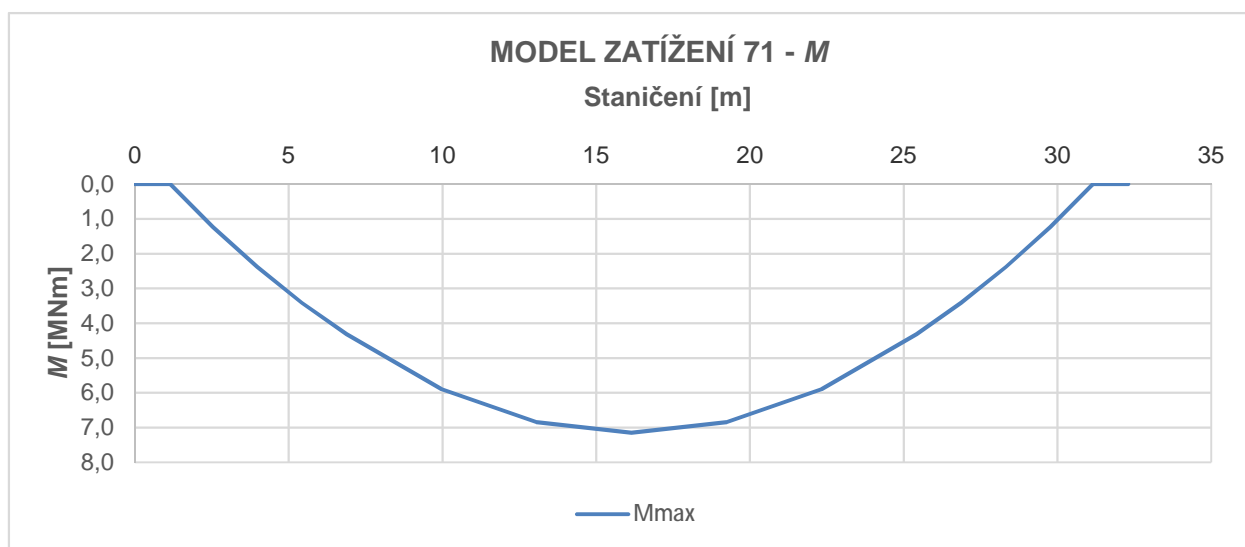




5.3. VNITŘNÍ SÍLY - ZATÍŽENÍ PROMĚNNÉ

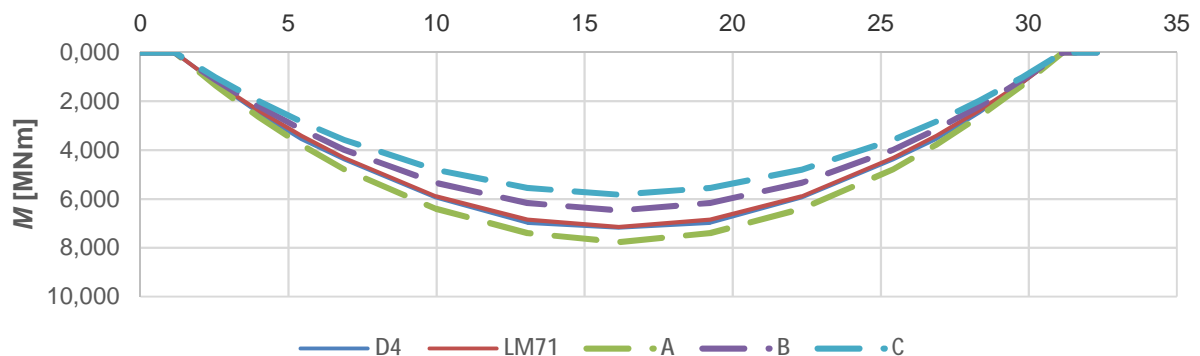
Spočítané hodnoty vnitřních sil od zatížení dopravou představují část celkových účinků, které připadají na **jeden (více zatížený) ze dvou nosníků**, vystavených účinkům z jedné koleje. Při daném uspořádání konstrukce přenáší více zatížený nosník přibližně 55,00 % zatížení z přilehlé koleje.

Grafický průběh posouvajících sil je mírně ovlivněn tím, že ne pod každou působící silou je počítaný uzel; hodnoty v posuzovaných průřezích nosníku jsou v pořádku.

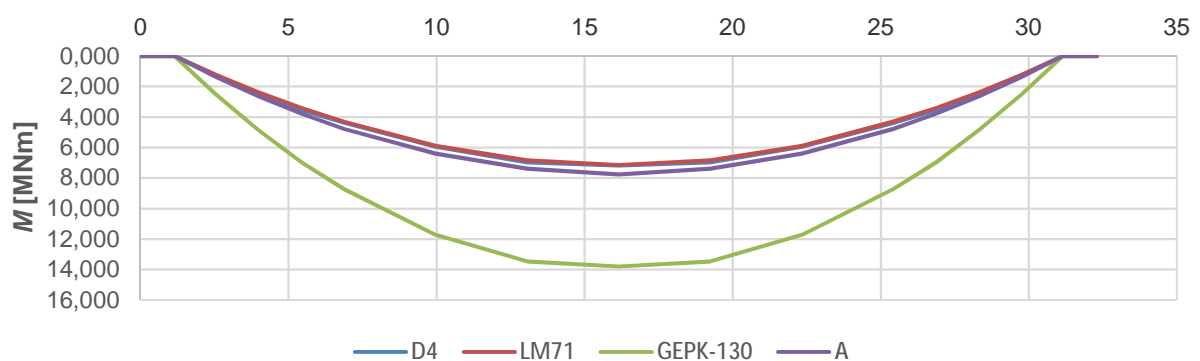


Pro porovnání jsou zde vyneseny i vnitřní síly od zatěžovacích vlaků A, B a C, od vozidla traťové třídy D4 a od jeřábu GEPK-130. Síly od LM71 a od D4 jsou vyneseny vždy v hodnotách připadajících podle podrobného výpočtu na více zatížený nosník; síly od vlaků A, B, C a od jeřábu GEPK-130 jsou vyneseny buď rovněž v hodnotách připadajících na více zatížený nosník, nebo jsou vyneseny poloviny hodnot ze zatížení jedné koleje (tj. tak, jak byly tyto účinky uvažovány při původním návrhu nosníků).

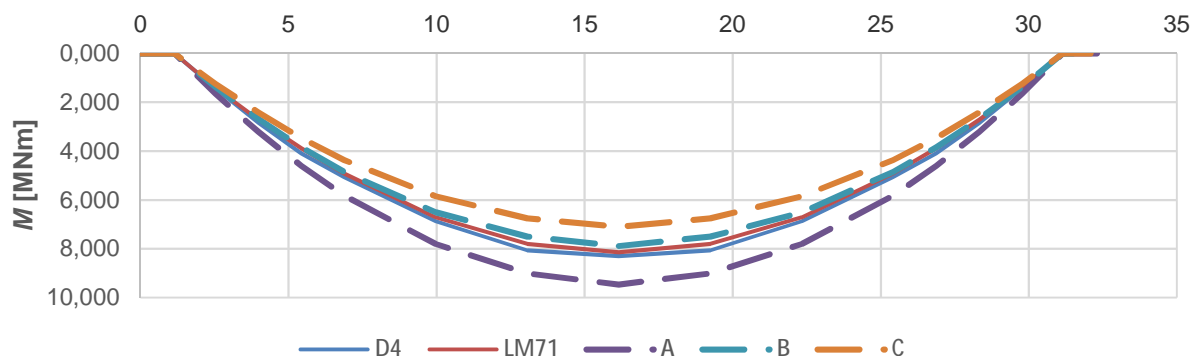
LM71, D4 a VLAKY A, B, C bez dynamického součinitele (M na více zatížený nosník)
Staničení [m]



LM71, D4, VLAK A a jeřáb GEPK-130 bez dynamického součinitele (M na více zatížený nosník)
Staničení [m]



LM71, D4 a vlaky A, B, C včetně dynamických součinitelů - momenty
na více zatížený nosník
Staničení [m]



x [m]	D4 [MNm]	LM71 [MNm]	GEPK130 [MNm]	A [MNm]
0	0	0	0	0
5	2,000	2,000	4,000	2,500
10	5,000	5,000	12,000	7,500
15	7,500	7,500	14,000	9,000
17.5	8,000	8,000	14,000	9,000
20	7,500	7,500	14,000	9,000
25	5,000	5,000	12,000	7,500
30	2,000	2,000	4,000	2,500
35	0	0	0	0

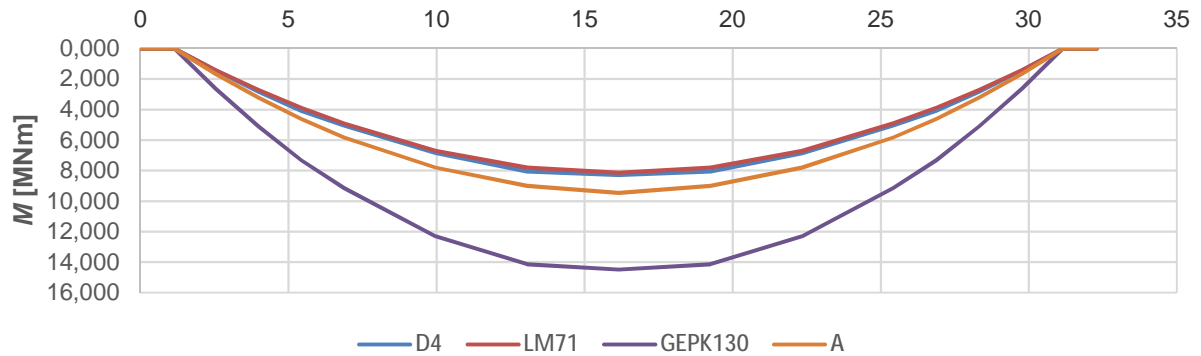
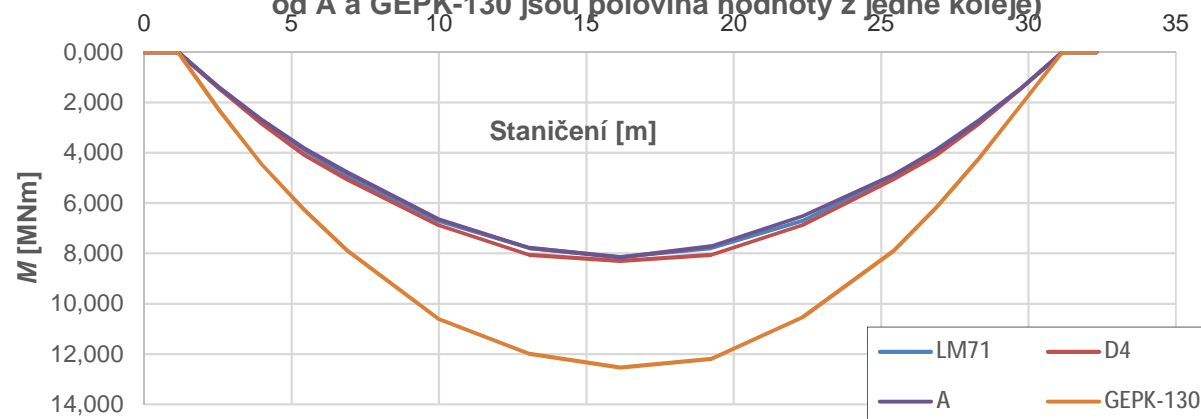
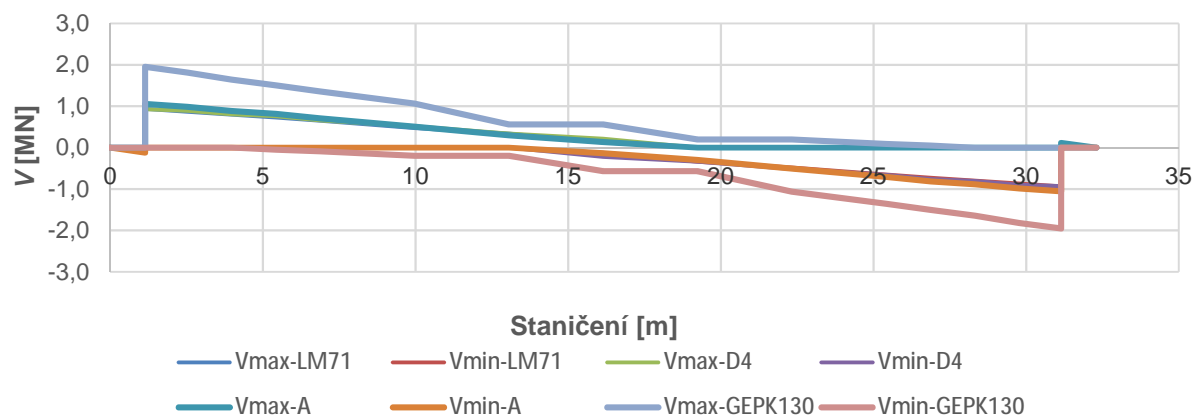
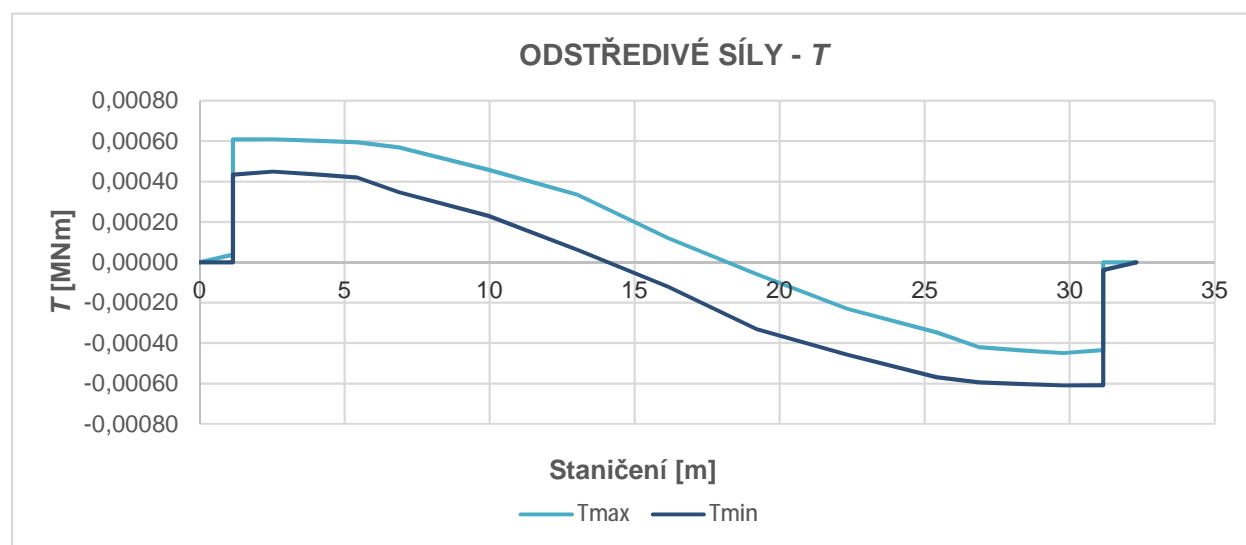
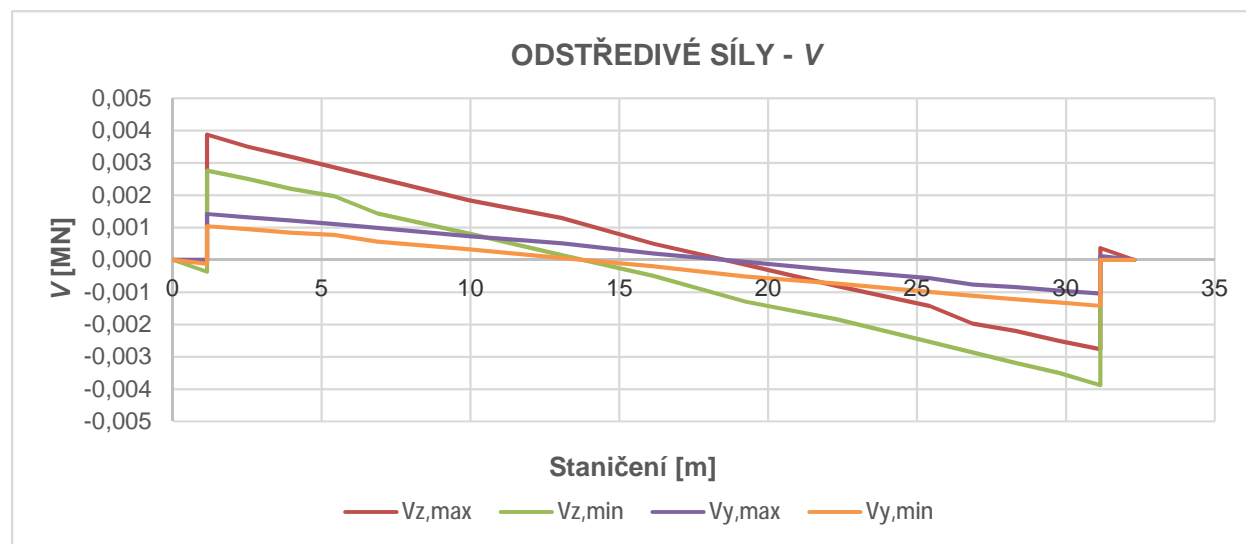
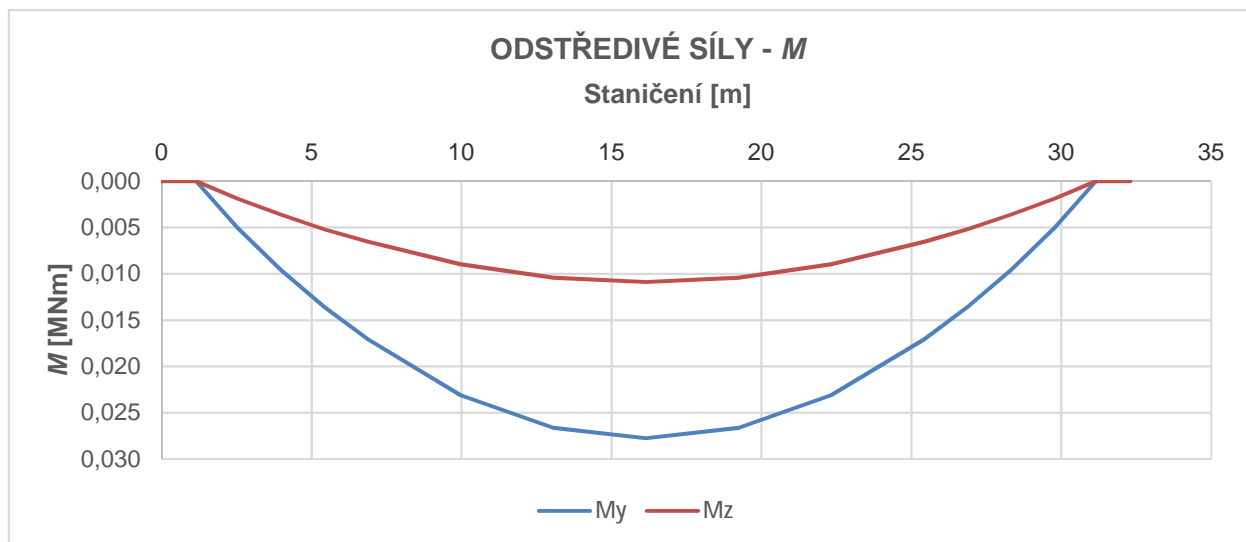


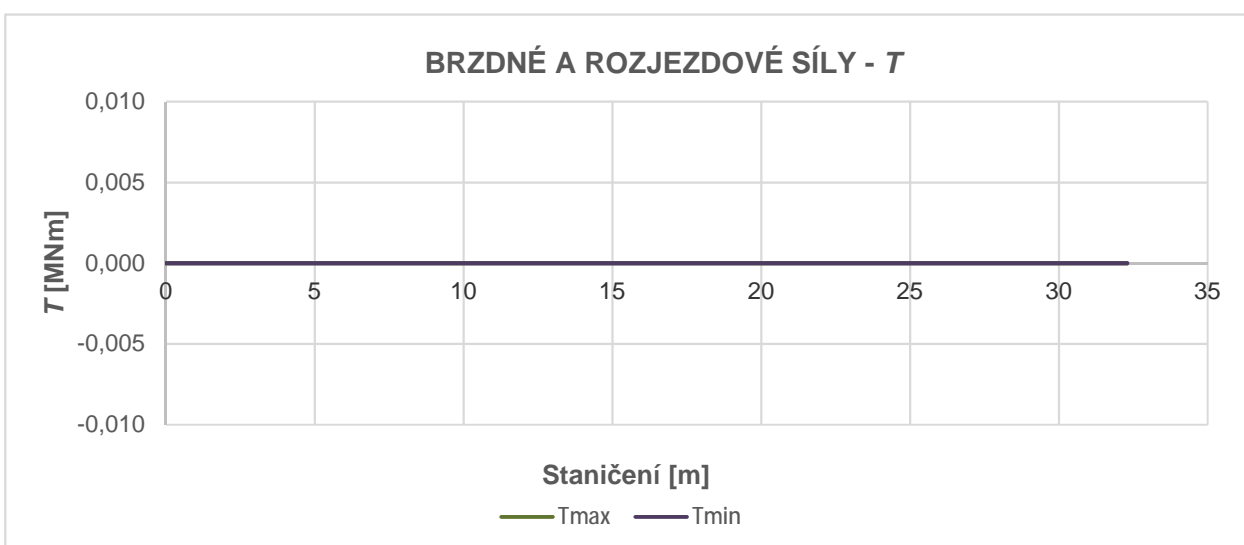
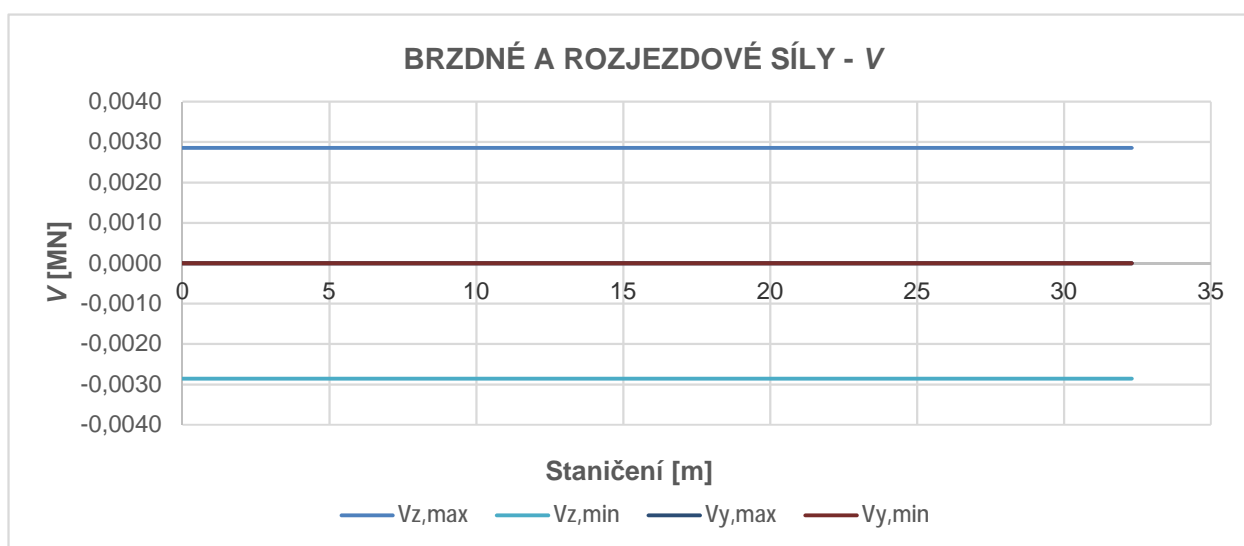
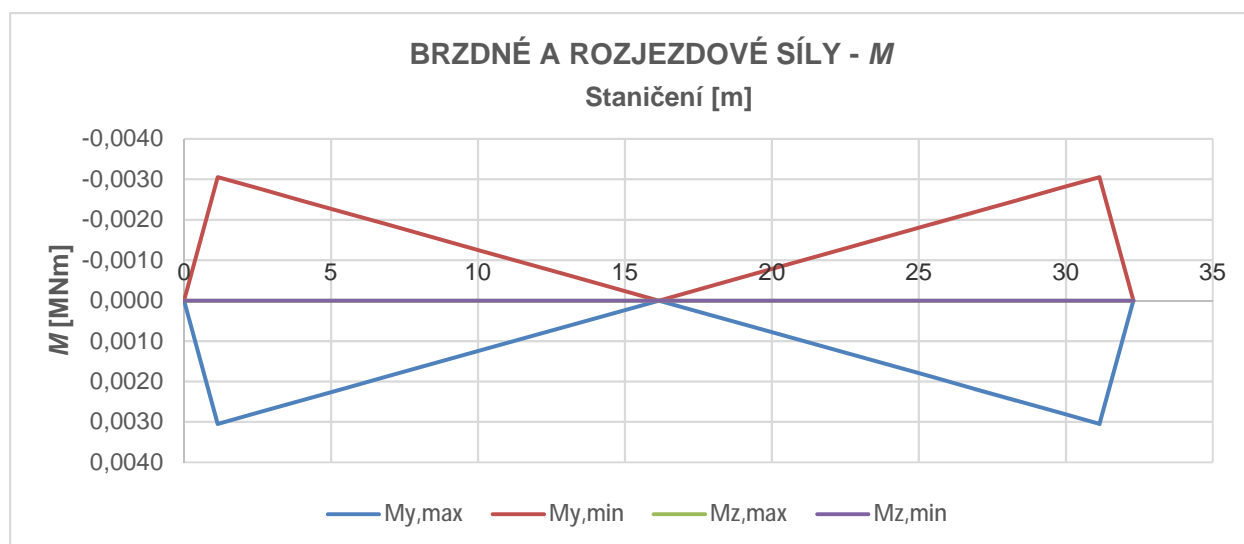
Diagram showing the bending moment M [MNm] versus stationing Staničení [m] for four different bridge types: LM71, D4, A, and GEPK-130. The y-axis ranges from 0,000 to 14,000 MNm (increasing downwards). The x-axis ranges from 0 to 35 m. The GEPK-130 curve (orange) shows the highest bending moment, reaching approximately 12,500 MNm at 15m. The other three curves (LM71, D4, and A) are very close to each other, reaching a minimum of about 8,000 MNm at 15m.

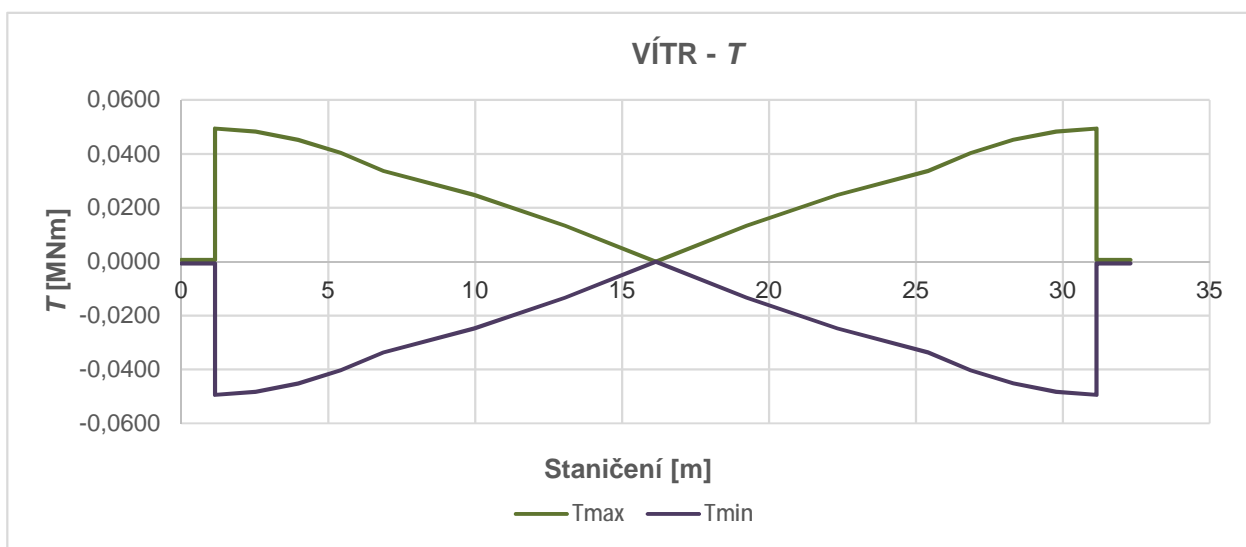
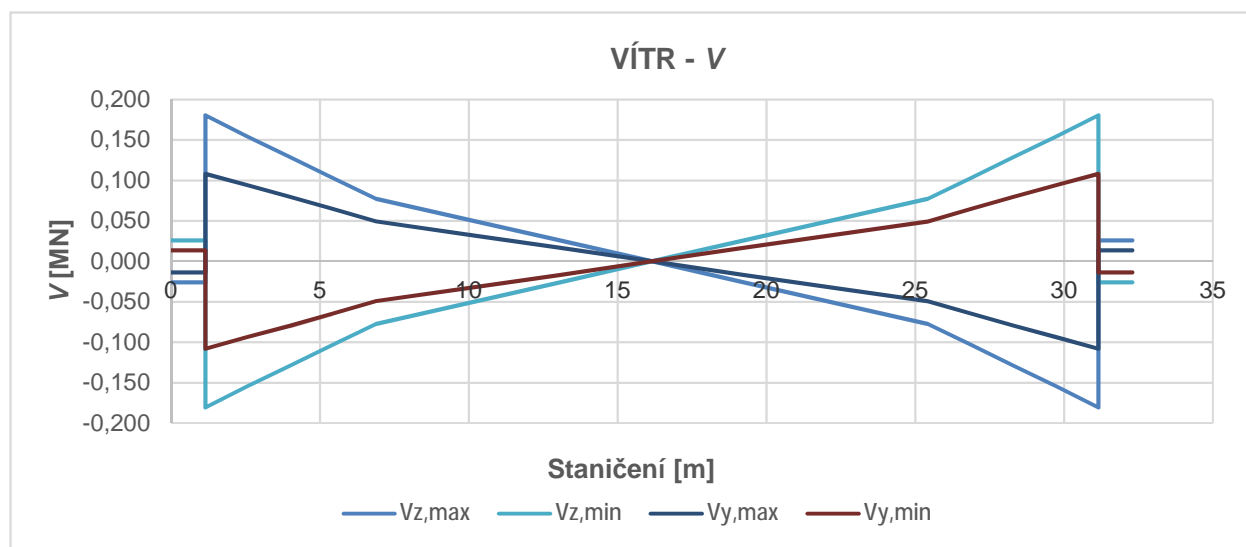
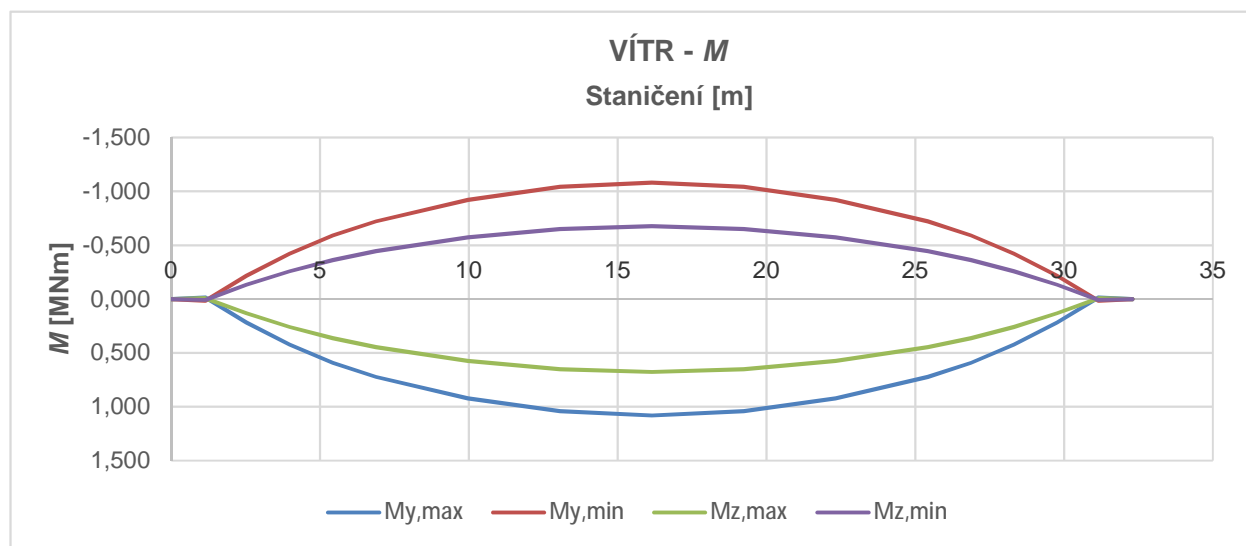


Staničení [m]	Vmax-LM71 [mN]	Vmin-LM71 [mN]	Vmax-D4 [mN]	Vmin-D4 [mN]	Vmax-A [mN]	Vmin-A [mN]	Vmax-GEPK130 [mN]	Vmin-GEPK130 [mN]
0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1	2,0	-0,2	1,0	0,0	1,0	-0,2	1,0	-0,2
5	1,5	-0,1	0,8	0,0	0,8	-0,1	1,0	-0,1
10	1,0	0,0	0,5	0,0	0,5	0,0	1,0	0,0
15	0,5	-0,5	0,2	-0,2	0,2	-0,5	0,5	-0,5
20	0,2	-0,8	0,0	-1,0	0,0	-0,8	0,2	-1,0
25	0,1	-1,2	0,0	-1,5	0,0	-1,2	0,1	-1,5
30	0,0	-1,5	0,0	-1,8	0,0	-1,5	0,0	-1,8
32	0,0	-1,5	0,0	-1,8	0,0	-1,5	0,0	-2,0



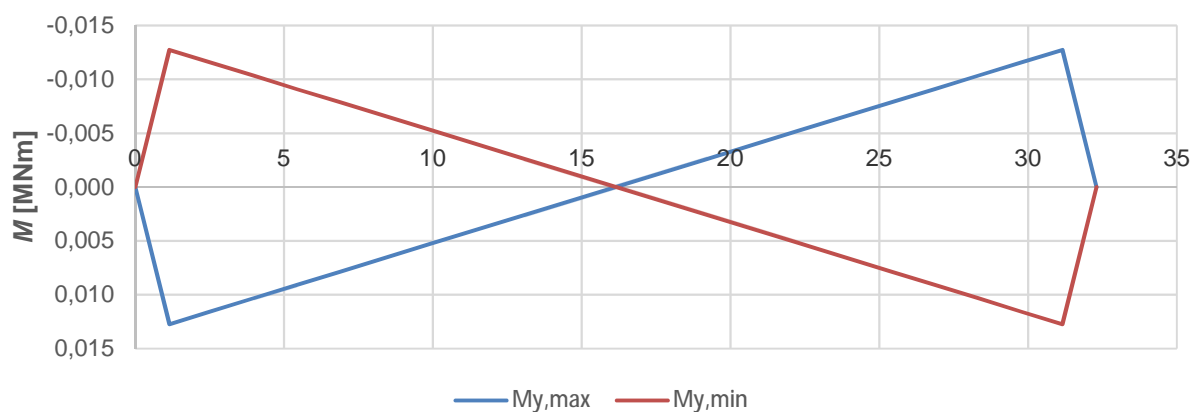




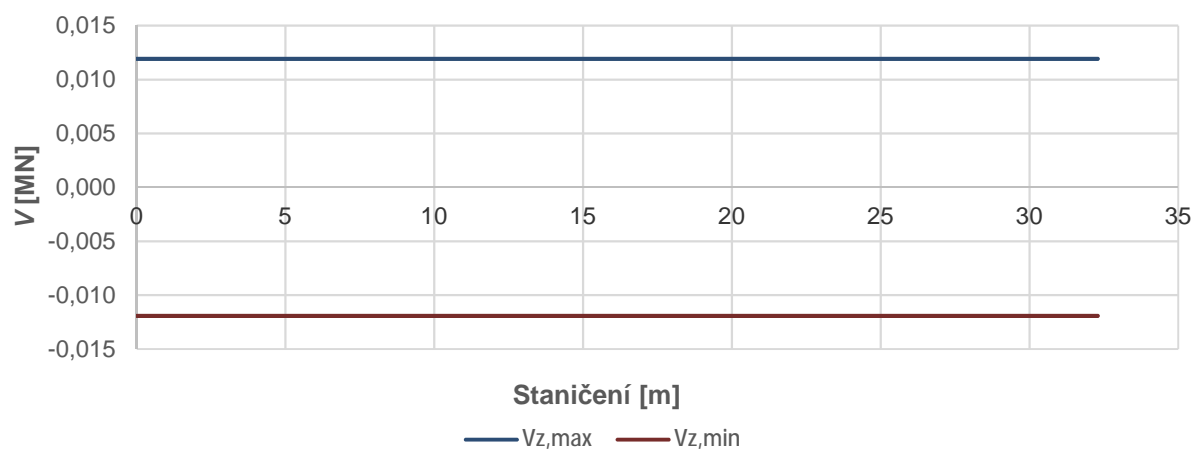


ÚČINKY BEZSTYKOVÉ KOLEJE - M

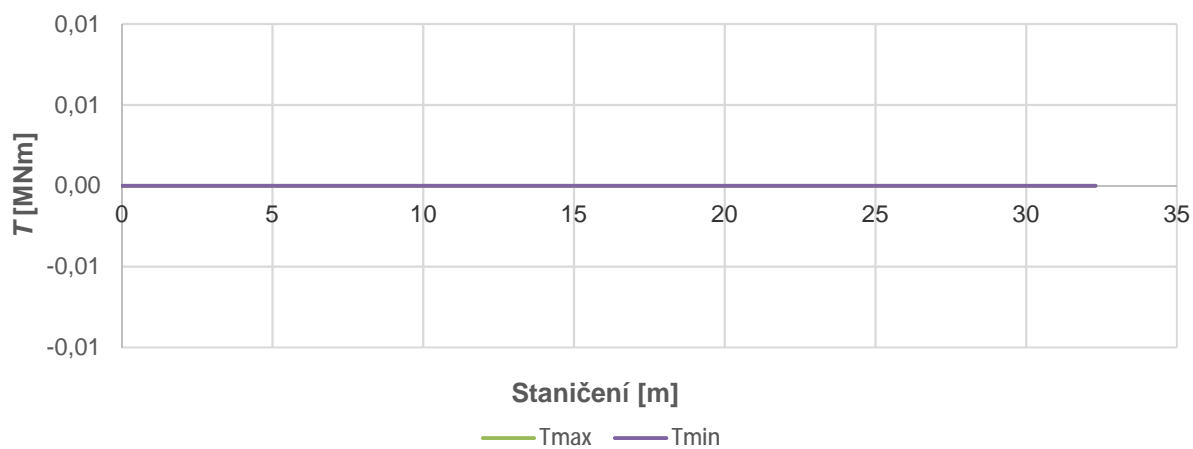
Staničení [m]



ÚČINKY BEZSTYKOVÉ KOLEJE - V

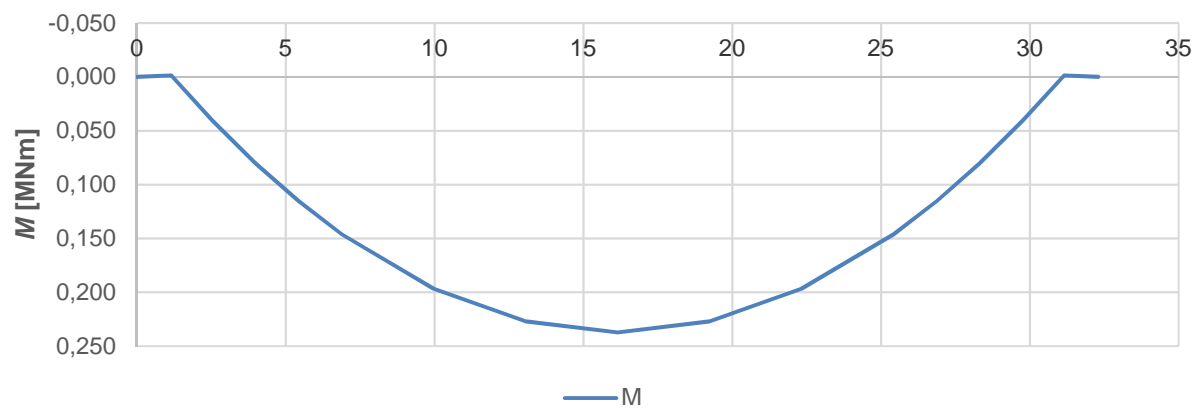


ÚČINKY BEZSTYKOVÉ KOLEJE - T



STAVENIŠTNÍ ZATÍŽENÍ - M

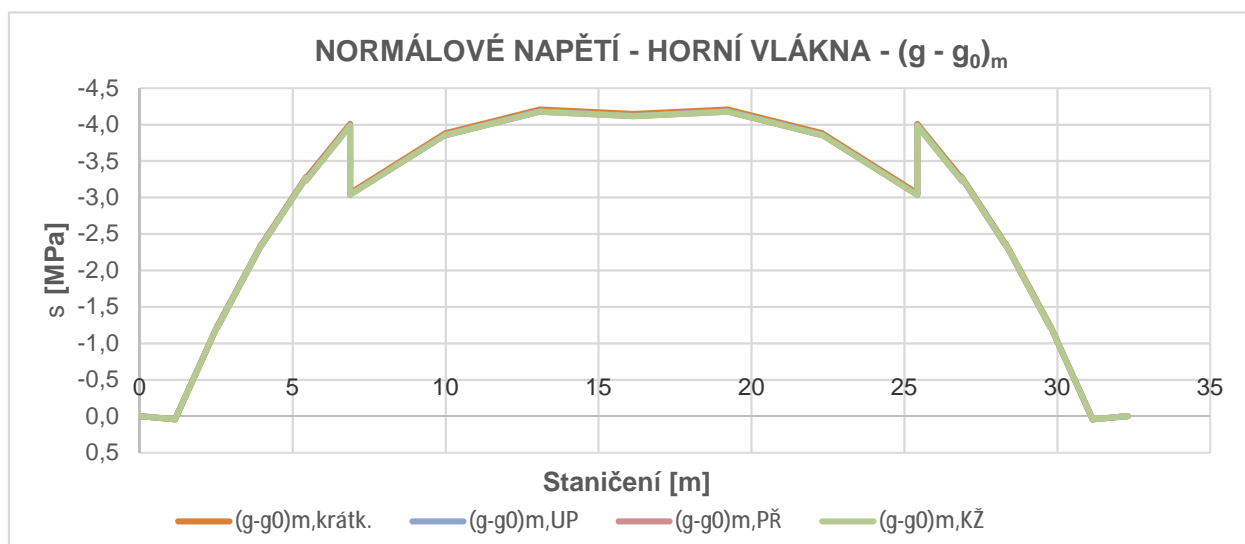
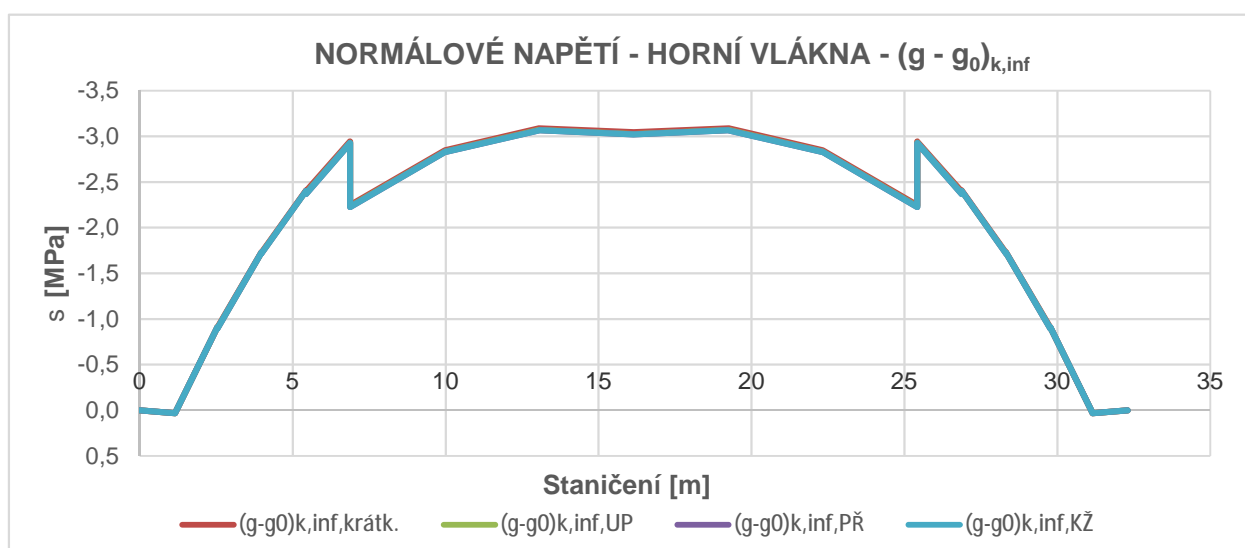
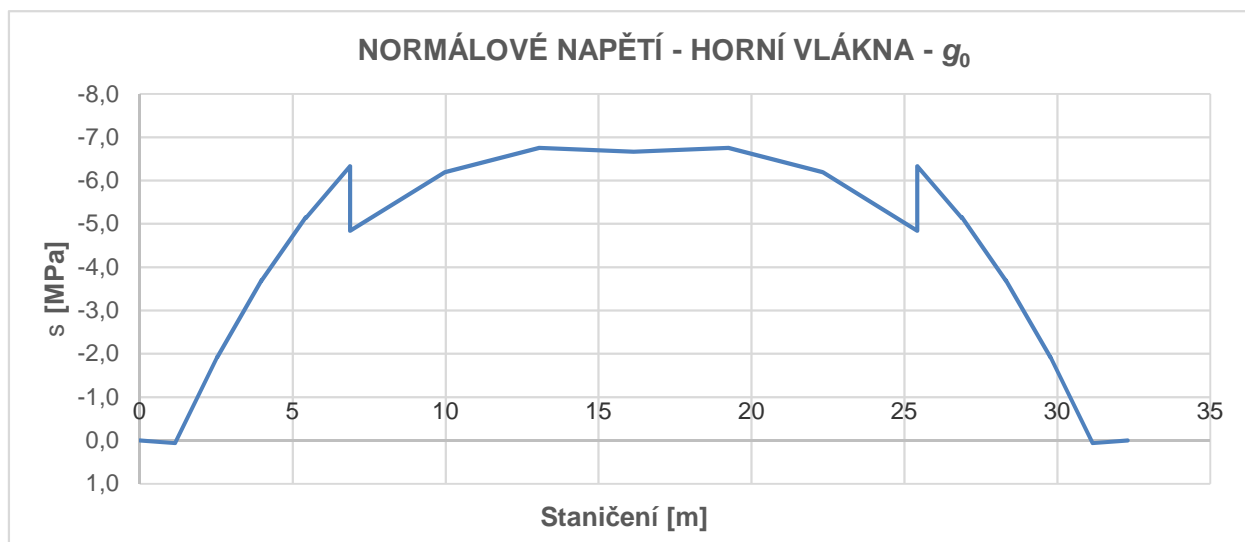
Staničení [m]

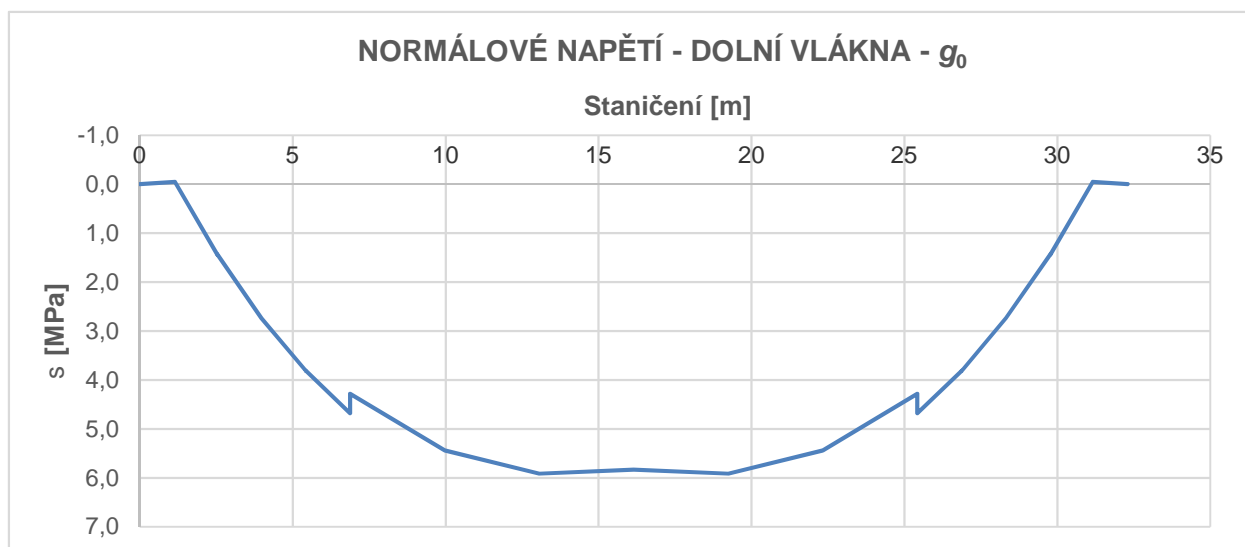
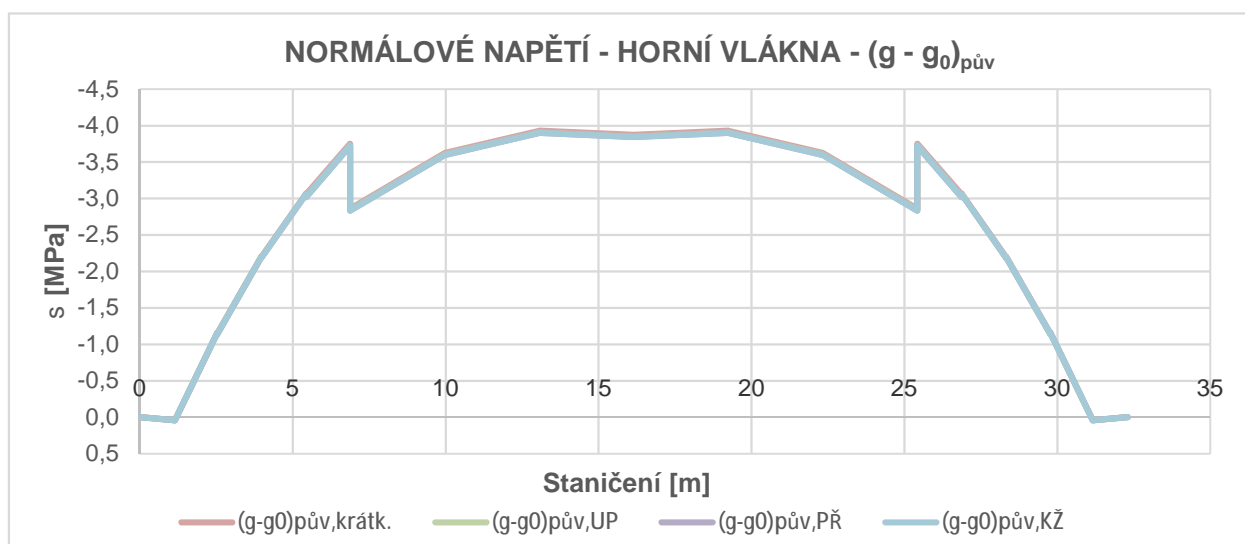
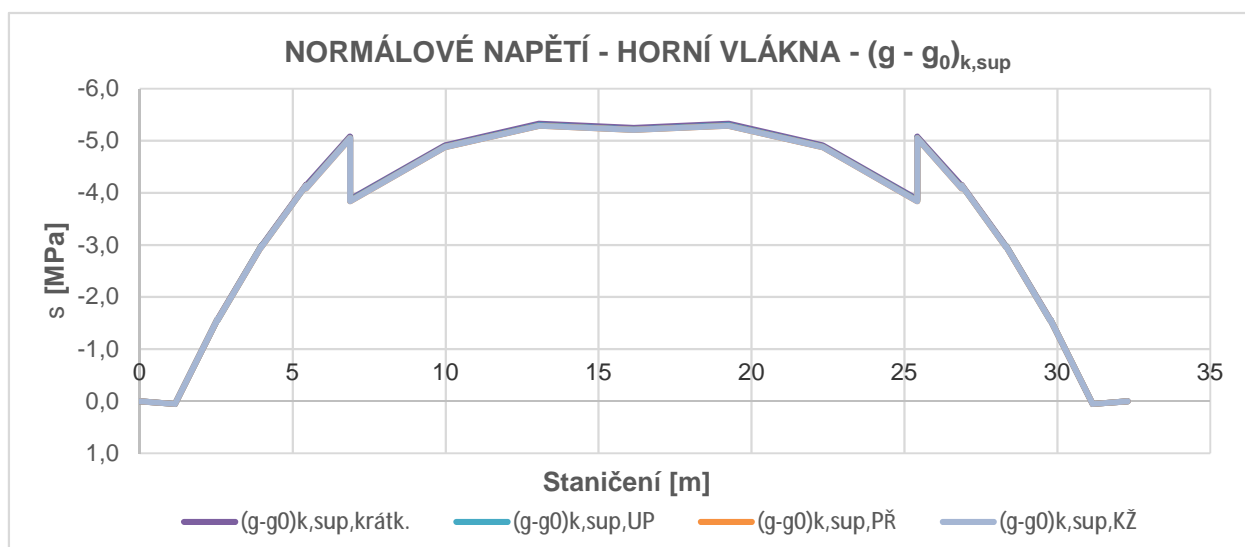


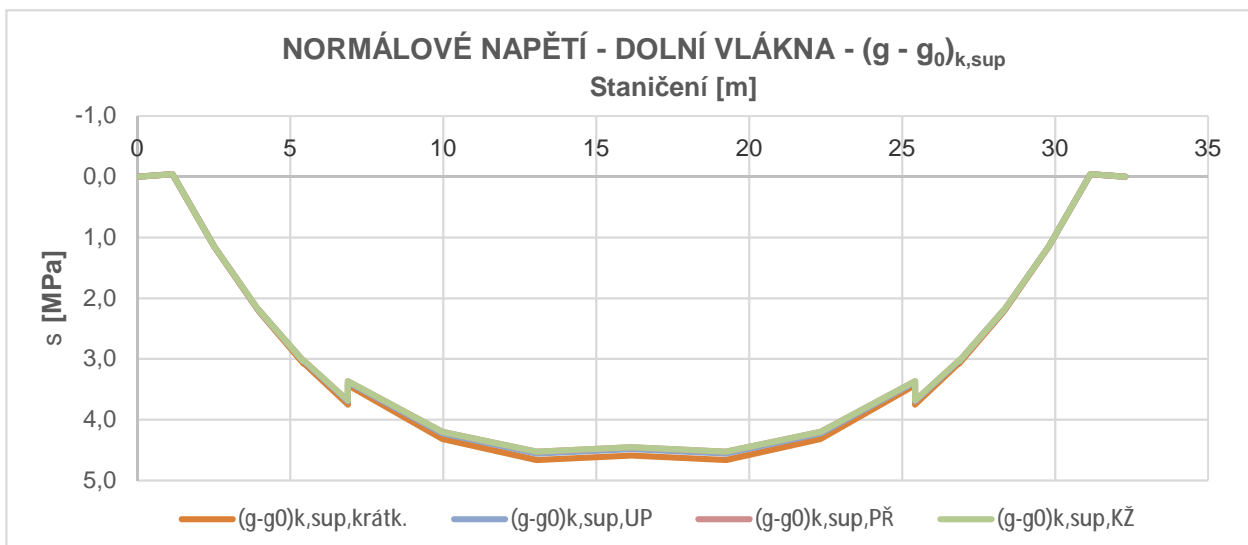
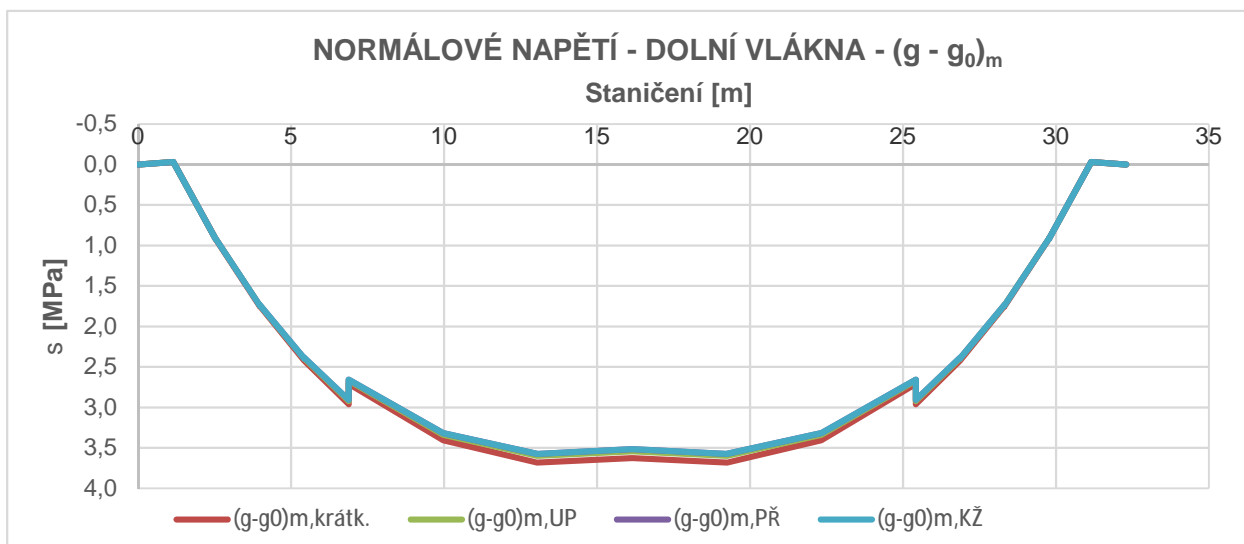
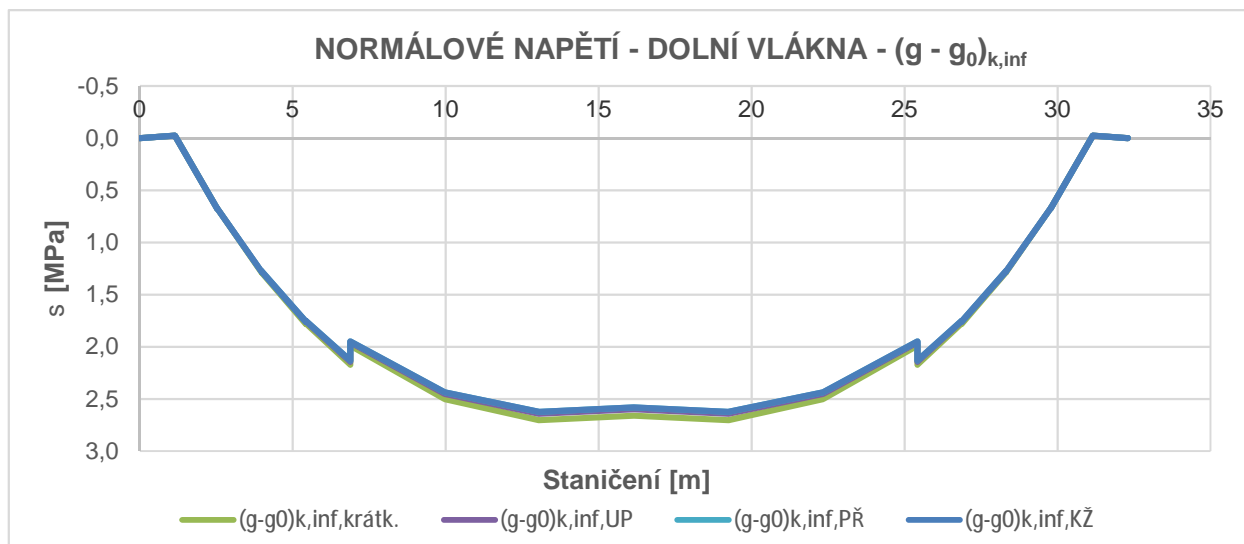
5.4. NORMÁLOVÁ NAPĚTÍ - ZATÍŽENÍ STÁLÉ

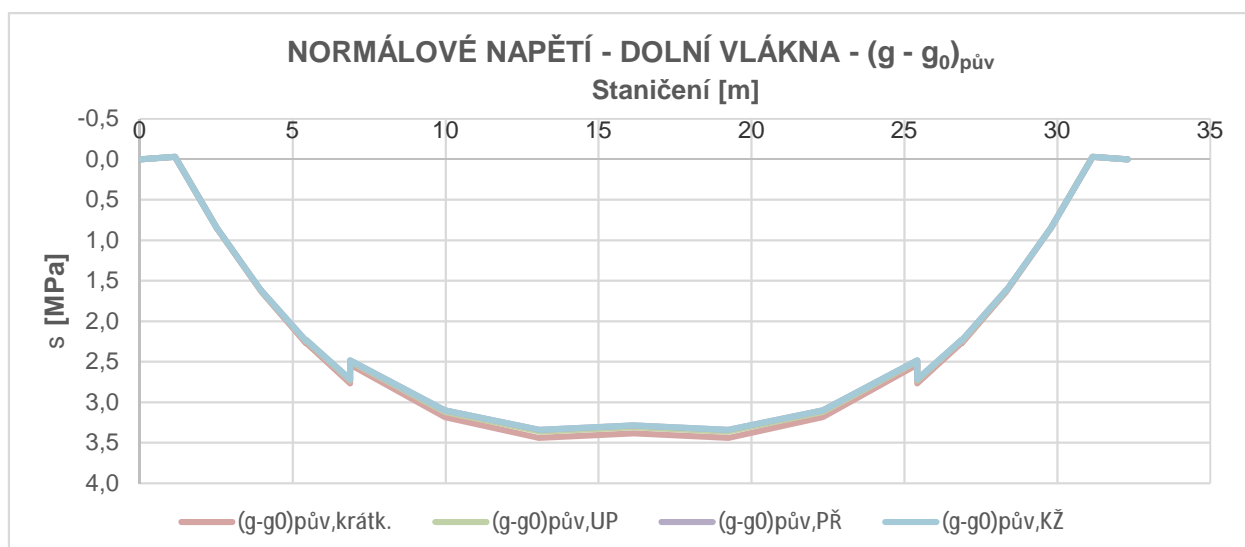
Normálová napětí jsou obecně počítána pro krátkodobé účinky, v čase vnesení předpětí (TR), uvedení do provozu (UP), v čase přepočtu (PŘ) a na konci životnosti (KŽ).

Uvedené hodnoty normálových napětí již zahrnují účinky svislých, a pokud působí, i vodorovných zatížení.

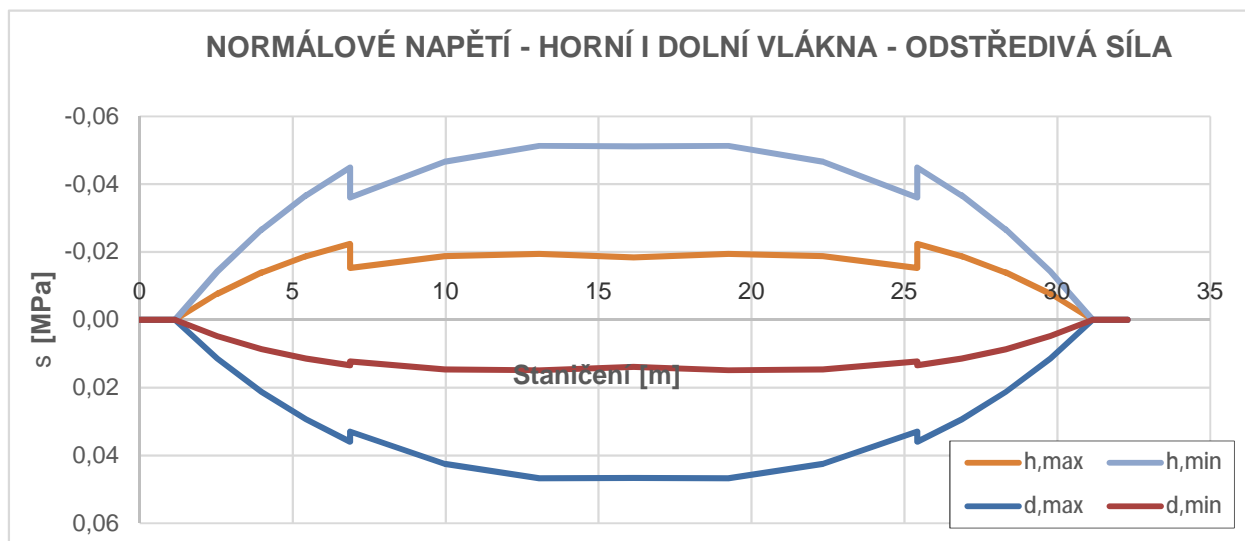
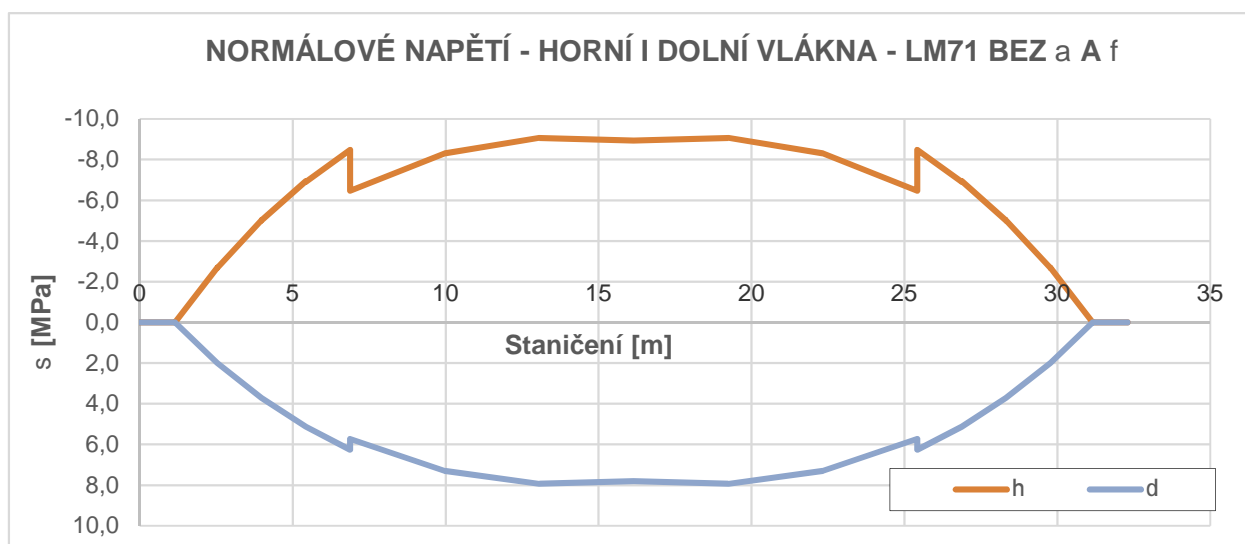


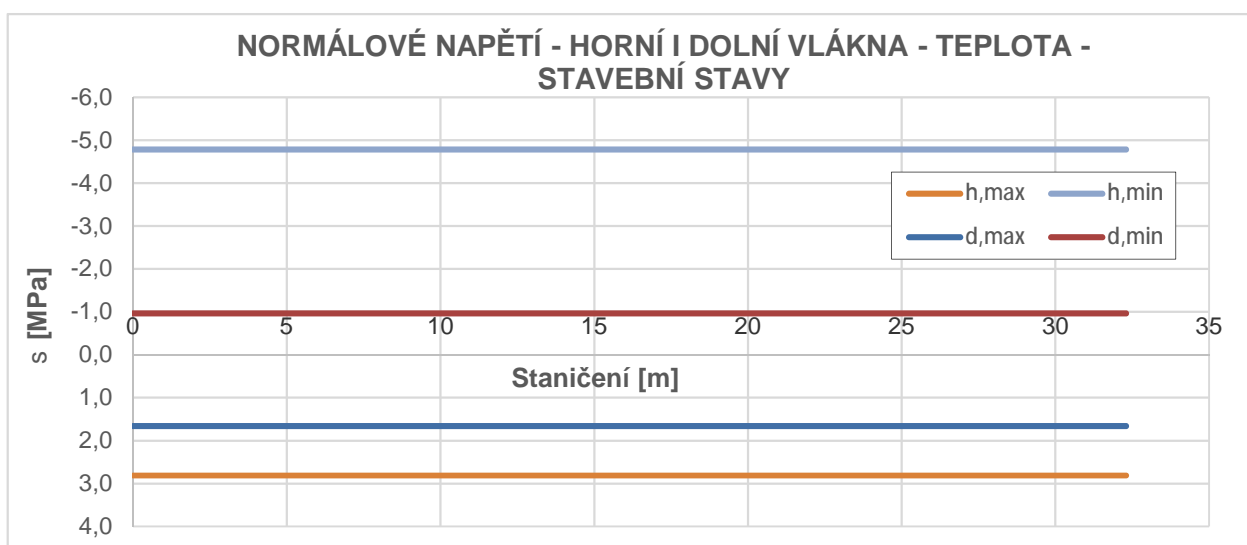
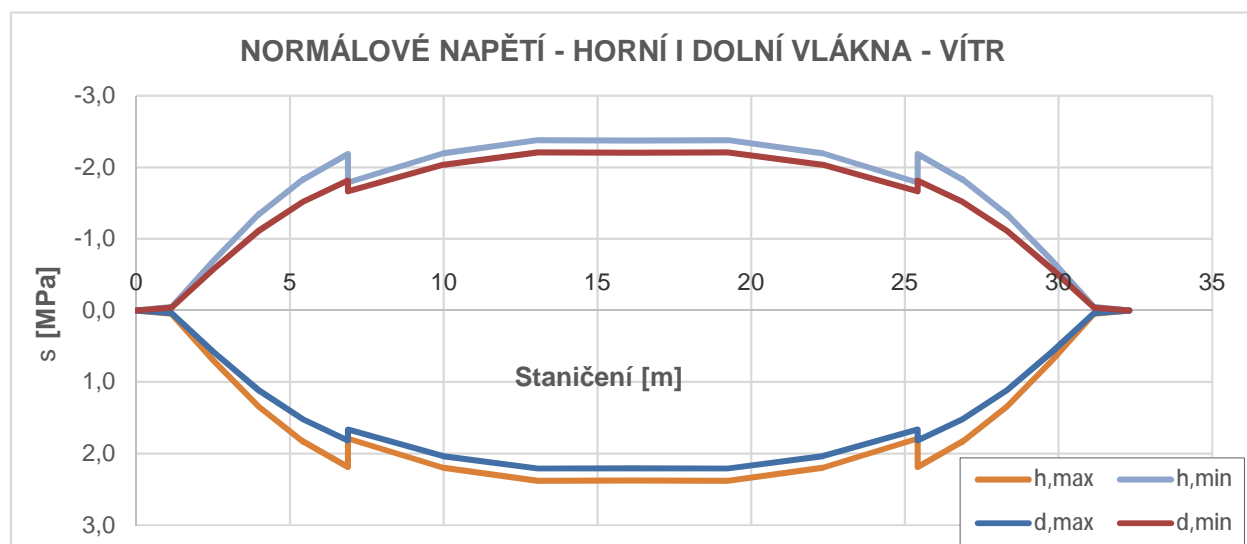
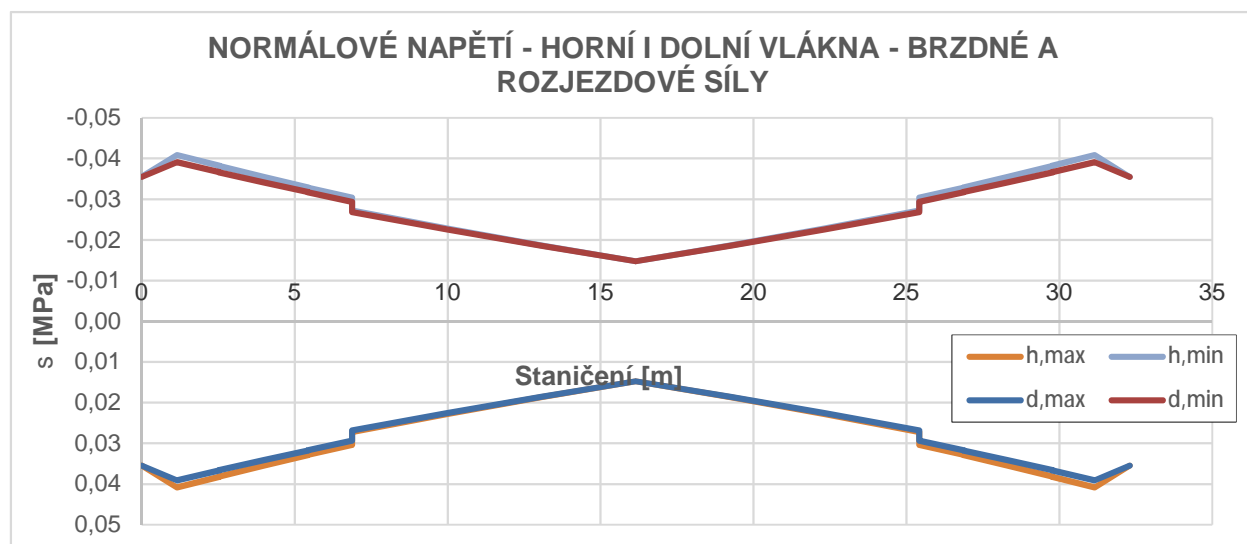




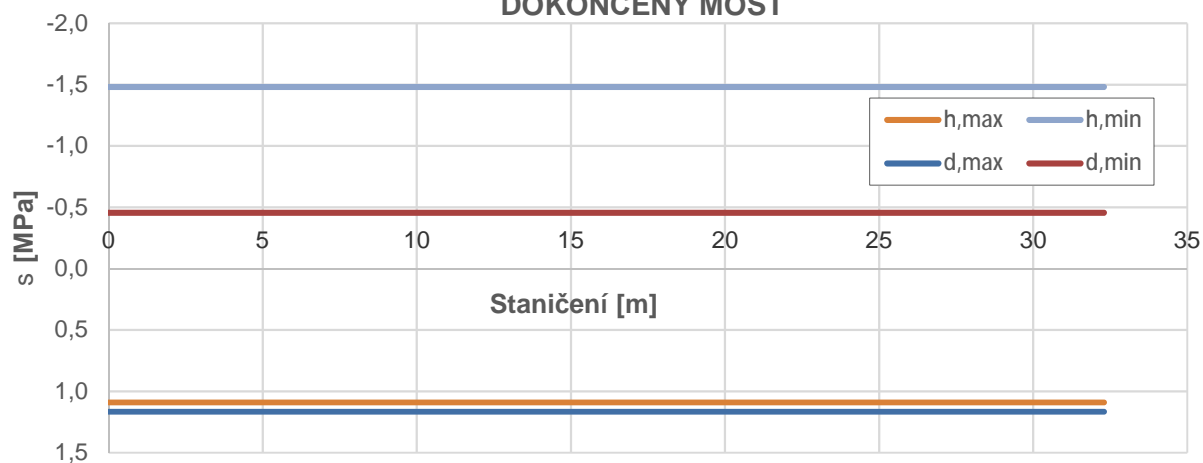


5.5. NORMÁLOVÁ NAPĚTÍ - ZATÍŽENÍ PROMĚNNÉ

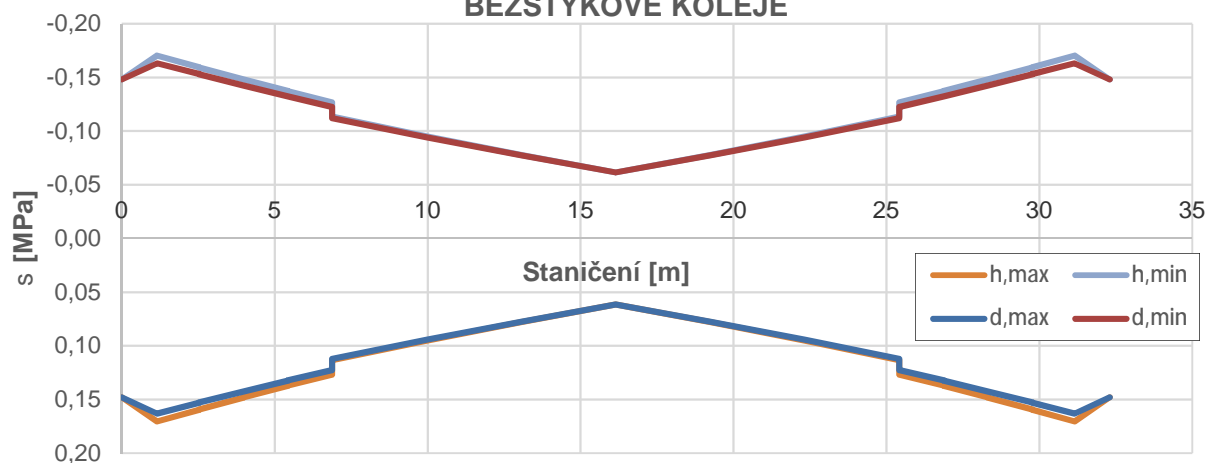




NORMÁLOVÉ NAPĚTÍ - HORNÍ I DOLNÍ VLÁKNA - TEPLOTA - DOKONČENÝ MOST



NORMÁLOVÉ NAPĚTÍ - HORNÍ I DOLNÍ VLÁKNA - ÚČINKY BEZSTYKOVÉ KOLEJE



6. PŘEDPĚTÍ

6.1. MAXIMÁLNÍ SÍLA PŘI NAPÍNÁNÍ

Uspořádání předpínací výztuže je v kapitole 2.1. a 2.3.

Údaje o předpínací oceli jsou v kapitole 3.2.

Průměr drátu uvažovaný ve výpočtu: $f = 4,5 \text{ mm}$

Maximální napětí předpínací výztuže při napínání: $s_{P,max} = 1122,0 \text{ MPa}$

Předpokládaná doba podržení: 3,0 minuty

Kabely napínány střídavě z obou konců nosníku (zřejmě každý kabel jednostranně, ale poloha aktivní a pasivní kotvy byla u jednotlivých kabelů vystřídána).

Maximální síla P_{max} v kabelech při napínání:

Kabely	Počet kabelů [ks]	Průměr drátu [mm]	Počet drátů v kabelu [ks]	Plocha jednoho kabelu [mm ²]	Plocha kabelů celkem [mm ²]	$s_{P,max}$ [MPa]	P_{max} na 1 kabel [MN]	P_{max} celkem [MN]
18, 19	4	4,5	20	317,925	1271,7	1122,0	0,3567	1,4268
6, 7	4	4,5	20	317,925	1271,7	1122,0	0,3567	1,4268
17, 20	4	4,5	20	317,925	1271,7	1122,0	0,3567	1,4268
5, 8	4	4,5	20	317,925	1271,7	1122,0	0,3567	1,4268
16, 21	4	4,5	20	317,925	1271,7	1122,0	0,3567	1,4268
4, 9	4	4,5	20	317,925	1271,7	1122,0	0,3567	1,4268
15 až 11	16	4,5	20	317,925	5086,8	1122,0	0,3567	5,7074
29 až 13	18	4,5	20	317,925	5722,65	1122,0	0,3567	6,4208
Trvalé kabely								20,6893
Trvalé + dočasné kabely								20,6893

6.2. ZTRÁTY TŘENÍM

Ztráty vyvozené třením $DP_m(x)$ se u dodatečně napínaných kabelů stanoví ze vztahu:

$$DP_m(x) = P_{max}(1 - e^{-m(Q+kx)}) \quad , \text{ kde:}$$

- Q je součet úhlových posuvů na délce x (bez ohledu na směr a znaménko),
 m je součinitel tření mezi předpínací vložkou a jejím kanálkem,
 k je nezamýšlený úhlový posun vnitřní předpínací vložky (na jednotku délky),
 x je vzdálenost měřená podél předpínací vložky od místa, kde se předpínací síla rovná P_{max} (síla na napínaném konci při napínání).

Hodnoty tření uvažujeme podle [7] takto:

$m = 0,17$ (dráty tažené za studena, které vyplní asi polovinu kanálku),

$k = 0,005/\text{m}$ až $0,01/\text{m}$... volíme: $k = 0,0075 / \text{m}$

Některé z kabelů jsou mírně zakřiveny i ve vodorovném směru; úhly ve svislém a ve vodorovném směru se však nesčítají přímo, ale prostřednictvím "prostorové křivky", která vliv zakřivení ve druhém směru výrazně redukuje => vliv zakřivení ve vodorovném směru bude minimální a ve výpočtu je zanedbán. Možný rozsah hodnot tření bude zohledněn uvažováním různých hodnot m a k ve výpočtu.

Síla v předpínací výztuži se vlivem tření o stěny kabelových kanálků se zvětšující se vzdáleností od napínaného konce zmenšuje. Síla tření, která zpětně působí na stěny kanálků, vyvozuje v prostém nosníku tahovou normálovou sílu a (v úsecích, kde je výztuž vedena pod neutrální osou) kladný ohybový moment, pokud je napínaná kotva nad posuvným uložením a pasivní kotva nad pevným uložením. Pokud je napínaná kotva nad pevným uložením a pasivní kotva nad posuvným uložením, je prostý nosník vlivem těchto účinků namáhán tlakovou silou a (v úsecích, kde je kabel pod neutrální osou) záporným ohybovým momentem.

Obvykle se polovina kabelů napíná zleva a polovina zprava - síly tření působící na stěny kabelových kanálků se pak navzájem vyeliminují.

6.3. ZTRÁTY POKLUZEM

Uvažovaný pokluz v kotvě: $u = 6,0$ mm

6.4. ZTRÁTY POSTUPNÝM NAPÍNÁNÍM

Ztrátu předpětí vlivem postupného napínání stanovíme pomocí následujícího vztahu:

$$DP_{el} = A_P \cdot E_P \cdot S \left[\frac{j \cdot Ds_C(t)}{E_{cm}(t)} \right], \text{ kde:}$$

Ds_C je změna napětí v těžišti předpínacích vložek uvažovaná v okamžiku t ,
 j je koeficient rovný:

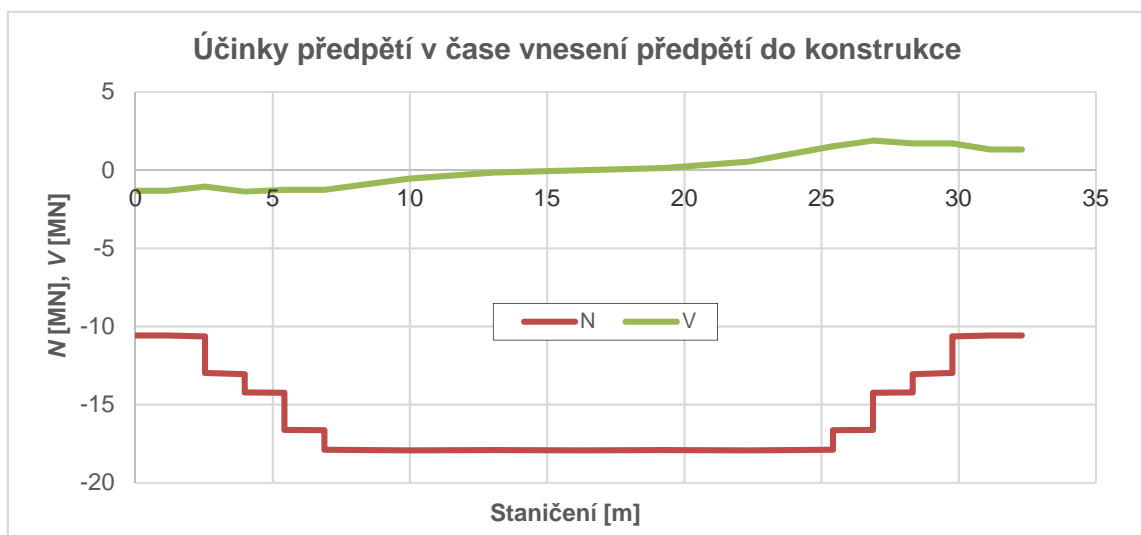
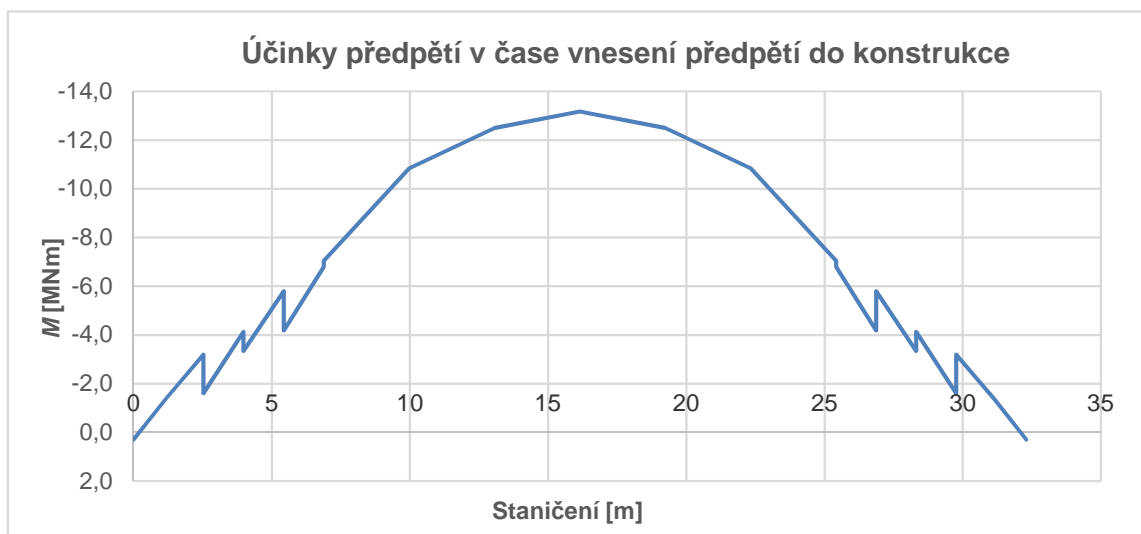
$$j = \frac{(n - 1)}{2n}, \text{ kde } n \text{ je počet stejných předpínacích vložek postupně napínaných; přibližně lze uvažovat } j \text{ hodnotou } 1/2:$$

$$j = 1 \text{ pro změny vyvzené stálými zatíženími působícími po předpínání.}$$

$$n = 29$$

$$j = \frac{28}{58} = 0,483$$

6.5. ÚČINKY PŘEDPĚTÍ V OKAMŽIKU VNESENÍ PŘEDPĚTÍ



6.6. ČASOVĚ ZÁVISLÉ ZTRÁTY PŘEDPĚTÍ

V normě [7] je uveden zjednodušený postup výpočtu časově závislých ztrát, použitelný pro konstrukce které neprocházejí změnou statického systému a za předpokladu, že dlouhodobá zatížení začínají působit ve stejném okamžiku.

V daném případě výrazná dlouhodobá zatížení (vlastní tíha nosné konstrukce, ostatní stálé zatížení, předpětí, deaktivace provizorních kabelů) začínají působit v rozdílných časech a proto budeme jednotlivé vlivy uvažovat samostatně. Při výpočtu zohledníme obecná pravidla uvedená v [7] .

Rozdíl mezi hodnotou dlouhodobých ztrát v době na konci životnosti, stanovených podrobným a přibližným výpočtem, činí v daném případě maximálně 25,7 % maximální předpínací síly, vnesené do konstrukce při napínání.

6.6.1. SMRŠŤOVÁNÍ BETONU

Při výpočtu ztrát uvažujeme smrštění betonu od okamžiku vnesení předpětí, spočítané v kapitole 3.1.2.1.

6.6.2. DOTVAROVÁNÍ BETONU

Uvažujeme dvě skupiny zatížení, u kterých předpokládáme, že začínají působit ve stejném okamžiku:

- 1) vlastní tíha nosné konstrukce + předpětí (trvalé + provizorní),
- 2) ostatní stálé zatížení + deaktivace provizorních kabelů.

Protože účinky předpětí v průběhu času klesají, budeme účinky dotvarování redukovat součinitelem:

$$y = 0,70.$$

Vzhledem k uspořádání zatížení budeme tento součinitel uvažovat na výsledné účinky dlouhodobých zatížení, tzn. předpětí i tíhy.

Vypočtené ztráty předpětí vycházejí bez úpravy spíše vyšší, než by odpovídalo naměřeným hodnotám předpínací síly. Proto neuvažujeme nelineární dotvarování, ačkoliv při vnesení předpětí normálové napětí překračuje hodnotu $0,45f_{ck}$.

6.6.3. RELAXACE PŘEDPÍNAČÍ VÝZTUŽE

Průběh relaxace uvažujeme podle kapitoly 3.2.3.

U definitivních kabelů uvažujeme podržení při napínání 3,0 minuty, provizorní kabely byly podle původní dokumentace zakotveny bez podržení.

6.7. PŘEHLED HODNOT PŘEDPÍNAČÍ SÍLY V JEDNOTLIVÝCH ČASOVÝCH ETAPÁCH

Pozn.: Pmax je uvedena pouze pro definitivní kabely, provizorní kabely zde nejsou započítány.

Poloha	Staničení [m]	Předpínací síla [MN] v čase					
		Pmax, trv.	98 "před"	98 "po"	182	19892	36500
Celo	0,000	20,6893	10,2186	10,2186	10,0614	9,4591	9,4523
Osa uložení	1,150	20,6893	10,2121	10,2121	10,0520	9,4398	9,4329
	1,150	20,6893	10,2121	10,2121	10,0520	9,4398	9,4329
0	2,530	20,6893	10,1676	10,1676	10,0095	9,3693	9,3620
	2,530	20,6893	12,4521	12,4521	12,2475	11,4505	11,4415
0	3,980	20,6893	12,3775	12,3775	12,1818	11,3501	11,3406
	3,980	20,6893	13,5252	13,5252	13,3035	12,3907	12,3803
0	5,430	20,6893	13,3617	13,3617	13,1518	12,1886	12,1776
	5,430	20,6893	15,6781	15,6781	15,4112	14,2809	14,2680
0	6,880	20,6893	15,4997	15,4997	15,2463	14,0547	14,0410
	6,880	20,6893	16,7166	16,7166	16,4355	15,1704	15,1559
0	9,970	20,6893	16,3844	16,3844	16,1178	14,7380	14,7220
	9,970	20,6893	16,3844	16,3844	16,1178	14,7380	14,7220
	13,060	20,6893	16,2626	16,2626	16,0083	14,6006	14,5843
	13,060	20,6893	16,2626	16,2626	16,0083	14,6006	14,5843
Střed rozpětí	16,150	20,6893	16,2703	16,2703	16,0169	14,6122	14,5959
	16,150	20,6893	16,2703	16,2703	16,0169	14,6122	14,5959
0	19,240	20,6893	16,2626	16,2626	16,0083	14,6006	14,5843
	19,240	20,6893	16,2626	16,2626	16,0083	14,6006	14,5843
	22,330	20,6893	16,3844	16,3844	16,1178	14,7380	14,7220
	22,330	20,6893	16,3844	16,3844	16,1178	14,7380	14,7220
0	25,420	20,6893	16,7166	16,7166	16,4355	15,1704	15,1559
	25,420	20,6893	15,4997	15,4997	15,2463	14,0547	14,0410
0	26,870	20,6893	15,6781	15,6781	15,4112	14,2809	14,2680
	26,870	20,6893	13,3617	13,3617	13,1518	12,1886	12,1776
0	28,320	20,6893	13,5252	13,5252	13,3035	12,3907	12,3803
	28,320	20,6893	12,3775	12,3775	12,1818	11,3501	11,3406
0	29,770	20,6893	12,4521	12,4521	12,2475	11,4505	11,4415
	29,770	20,6893	10,1676	10,1676	10,0095	9,3693	9,3620
Osa uložení	31,150	20,6893	10,2121	10,2121	10,0520	9,4398	9,4329
	31,150	20,6893	10,2121	10,2121	10,0520	9,4398	9,4329
Celo	32,300	20,6893	10,2186	10,2186	10,0614	9,4591	9,4523

Poloha	Staničení [m]	Předpínací síla [%] v čase					
		Pmax, trv.	98,0 "před"	98,0 "po"	182,0	19892,0	36500,0
Celo	0,000	100,0	49,4	49,4	48,6	45,7	45,7
Osa uložení	1,150	100,0	49,4	49,4	48,6	45,6	45,6
	1,150	100,0	49,4	49,4	48,6	45,6	45,6
0	2,530	100,0	49,1	49,1	48,4	45,3	45,3
	2,530	100,0	60,2	60,2	59,2	55,3	55,3
0	3,980	100,0	59,8	59,8	58,9	54,9	54,8
	3,980	100,0	65,4	65,4	64,3	59,9	59,8
0	5,430	100,0	64,6	64,6	63,6	58,9	58,9
	5,430	100,0	75,8	75,8	74,5	69,0	69,0
0	6,880	100,0	74,9	74,9	73,7	67,9	67,9
	6,880	100,0	80,8	80,8	79,4	73,3	73,3
0	9,970	100,0	79,2	79,2	77,9	71,2	71,2
	9,970	100,0	79,2	79,2	77,9	71,2	71,2
	13,060	100,0	78,6	78,6	77,4	70,6	70,5
	13,060	100,0	78,6	78,6	77,4	70,6	70,5
Střed rozpětí	16,150	100,0	78,6	78,6	77,4	70,6	70,5
	16,150	100,0	78,6	78,6	77,4	70,6	70,5
0	19,240	100,0	78,6	78,6	77,4	70,6	70,5
	19,240	100,0	78,6	78,6	77,4	70,6	70,5
	22,330	100,0	79,2	79,2	77,9	71,2	71,2
	22,330	100,0	79,2	79,2	77,9	71,2	71,2
0	25,420	100,0	80,8	80,8	79,4	73,3	73,3
	25,420	100,0	74,9	74,9	73,7	67,9	67,9
0	26,870	100,0	75,8	75,8	74,5	69,0	69,0
	26,870	100,0	64,6	64,6	63,6	58,9	58,9
0	28,320	100,0	65,4	65,4	64,3	59,9	59,8
	28,320	100,0	59,8	59,8	58,9	54,9	54,8
0	29,770	100,0	60,2	60,2	59,2	55,3	55,3
	29,770	100,0	49,1	49,1	48,4	45,3	45,3
Osa uložení	31,150	100,0	49,4	49,4	48,6	45,6	45,6
	31,150	100,0	49,4	49,4	48,6	45,6	45,6
Celo	32,300	100,0	49,4	49,4	48,6	45,7	45,7

6.8. PŘEHLED VNITŘNÍCH SIL OD PŘEDPĚTÍ V ČASOVÝCH ETAPÁCH

Ohybové momenty [MNm]:

Poloha	Staničení [m]	Ohybové momenty od předpětí v čase					
		14	98 "před"	98 "po"	182	19892	36500
Celo	0,000	0,3005	0,2654	0,2654	0,2557	0,2213	0,2209
Osa uložení	1,150	-1,3505	-1,2644	-1,2644	-1,2416	-1,1542	-1,1532
	1,150	-1,3505	-1,2644	-1,2644	-1,2416	-1,1542	-1,1532
0	2,530	-3,1975	-3,0120	-3,0120	-2,9658	-2,7732	-2,7710
	0	2,530	-1,5973	-1,4976	-1,4976	-1,4808	-1,3872
0	3,980	-4,1216	-3,8463	-3,8463	-3,7892	-3,5234	-3,5204
	0	3,980	-3,3370	-3,1053	-3,1053	-3,0644	-2,8497
0	5,430	-5,7966	-5,3701	-5,3701	-5,2895	-4,8940	-4,8895
	0	5,430	-4,1765	-3,8488	-3,8488	-3,8069	-3,5259
0	6,880	-6,7889	-6,2254	-6,2254	-6,1328	-5,6370	-5,6312
	0	6,880	-7,0479	-6,4414	-6,4414	-6,3473	-5,8229
0	9,970	-10,8425	-9,8621	-9,8621	-9,7039	-8,8596	-8,8498
	0	9,970	-10,8425	-9,8621	-9,8621	-9,7039	-8,8596
0	13,060	-12,5034	-11,3461	-11,3461	-11,1688	-10,1851	-10,1737
	0	13,060	-12,5034	-11,3461	-11,3461	-11,1688	-10,1851
Střed rozpětí	16,150	-13,1722	-11,9572	-11,9572	-11,7710	-10,7374	-10,7254
	16,150	-13,1722	-11,9572	-11,9572	-11,7710	-10,7374	-10,7254
0	19,240	-12,5034	-11,3461	-11,3461	-11,1688	-10,1851	-10,1737
	0	19,240	-12,5034	-11,3461	-11,3461	-11,1688	-10,1851
0	22,330	-10,8425	-9,8621	-9,8621	-9,7039	-8,8596	-8,8498
	0	22,330	-10,8425	-9,8621	-9,8621	-9,7039	-8,8596
0	25,420	-7,0479	-6,4414	-6,4414	-6,3473	-5,8229	-5,8168
	0	25,420	-6,7889	-6,2254	-6,2254	-6,1328	-5,6370
0	26,870	-4,1765	-3,8488	-3,8488	-3,8069	-3,5259	-3,5226
	0	26,870	-5,7966	-5,3701	-5,3701	-5,2895	-4,8940
0	28,320	-3,3370	-3,1053	-3,1053	-3,0644	-2,8497	-2,8472
	0	28,320	-4,1216	-3,8463	-3,8463	-3,7892	-3,5234
0	29,770	-1,5973	-1,4976	-1,4976	-1,4808	-1,3872	-1,3861
	0	29,770	-3,1975	-3,0120	-3,0120	-2,9658	-2,7732
Osa uložení	31,150	-1,3505	-1,2644	-1,2644	-1,2416	-1,1542	-1,1532
	31,150	-1,3505	-1,2644	-1,2644	-1,2416	-1,1542	-1,1532
Celo	32,300	0,3005	0,2654	0,2654	0,2557	0,2213	0,2209

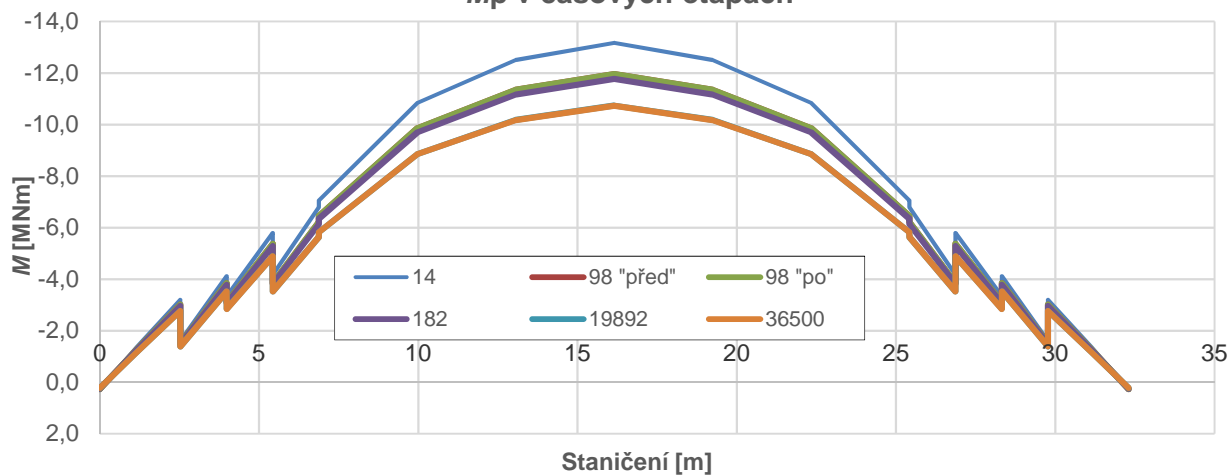
Normálové síly [MN]:

Poloha	Staničení [m]	Normálové síly od předpětí v čase					
		14	98 "před"	98 "po"	182	19892	36500
Celo	0,000	-10,5659	-10,0447	-10,0447	-9,8903	-9,2990	-9,2923
Osa uložení	1,150	-10,5720	-10,0356	-10,0356	-9,8782	-9,2760	-9,2692
	1,150	-10,5720	-10,0356	-10,0356	-9,8782	-9,2760	-9,2692
	2,530	-10,6436	-10,0494	-10,0494	-9,8932	-9,2602	-9,2531
	2,530	-12,9754	-12,2472	-12,2472	-12,0463	-11,2626	-11,2537
0 0	3,980	-13,0542	-12,2419	-12,2419	-12,0485	-11,2256	-11,2163
	3,980	-14,2252	-13,3458	-13,3458	-13,1274	-12,2266	-12,2163
	5,430	-14,2313	-13,2336	-13,2336	-13,0259	-12,0716	-12,0606
	5,430	-16,6053	-15,4725	-15,4725	-15,2099	-14,0945	-14,0817
0 0	6,880	-16,6362	-15,3601	-15,3601	-15,1094	-13,9280	-13,9144
	6,880	-17,8780	-16,5515	-16,5515	-16,2736	-15,0202	-15,0058
	9,970	-17,9137	-16,3370	-16,3370	-16,0712	-14,6950	-14,6790
	9,970	-17,9137	-16,3370	-16,3370	-16,0712	-14,6950	-14,6790
	13,060	-17,9095	-16,2554	-16,2554	-16,0013	-14,5942	-14,5778
	13,060	-17,9095	-16,2554	-16,2554	-16,0013	-14,5942	-14,5778
Střed rozpětí	16,150	-17,9208	-16,2703	-16,2703	-16,0169	-14,6122	-14,5959
	16,150	-17,9208	-16,2703	-16,2703	-16,0169	-14,6122	-14,5959
	19,240	-17,9095	-16,2554	-16,2554	-16,0013	-14,5942	-14,5778
	19,240	-17,9095	-16,2554	-16,2554	-16,0013	-14,5942	-14,5778
	22,330	-17,9137	-16,3370	-16,3370	-16,0712	-14,6950	-14,6790
	22,330	-17,9137	-16,3370	-16,3370	-16,0712	-14,6950	-14,6790
0 0	25,420	-17,8780	-16,5515	-16,5515	-16,2736	-15,0202	-15,0058
	25,420	-16,6362	-15,3601	-15,3601	-15,1094	-13,9280	-13,9144
	26,870	-16,6053	-15,4725	-15,4725	-15,2099	-14,0945	-14,0817
	26,870	-14,2313	-13,2336	-13,2336	-13,0259	-12,0716	-12,0606
0 0	28,320	-14,2252	-13,3458	-13,3458	-13,1274	-12,2266	-12,2163
	28,320	-13,0542	-12,2419	-12,2419	-12,0485	-11,2256	-11,2163
	29,770	-12,9754	-12,2472	-12,2472	-12,0463	-11,2626	-11,2537
	29,770	-10,6436	-10,0494	-10,0494	-9,8932	-9,2602	-9,2531
Osa uložení	31,150	-10,5720	-10,0356	-10,0356	-9,8782	-9,2760	-9,2692
	31,150	-10,5720	-10,0356	-10,0356	-9,8782	-9,2760	-9,2692
Celo	32,300	-10,5659	-10,0447	-10,0447	-9,8903	-9,2990	-9,2923

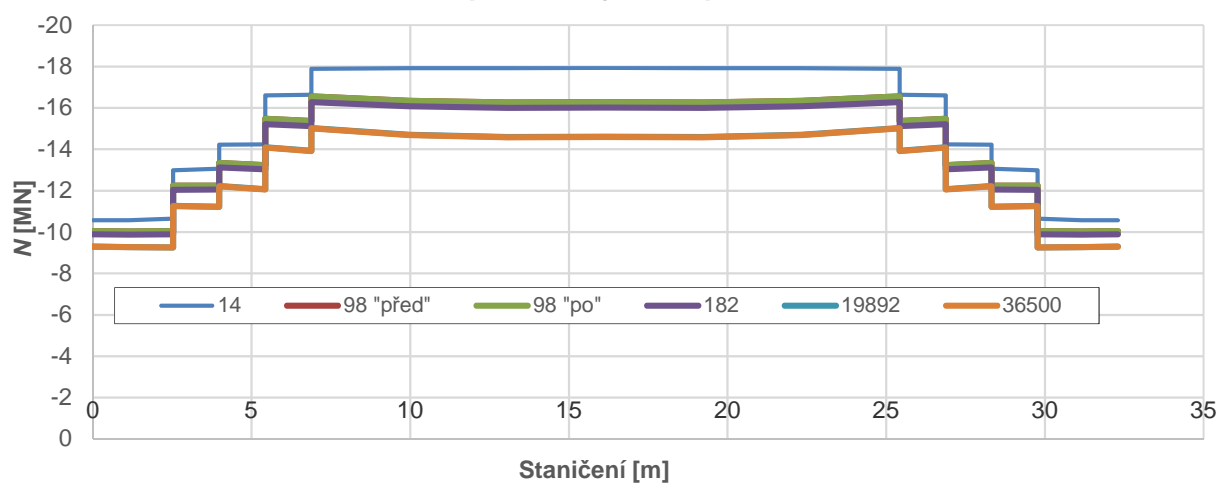
Posouvající síly [MN]:

Poloha	Staničení [m]	Posouvající síly od předpětí v čase					
		14	98 "před"	98 "po"	182	19892	36500
Celo	0,000	-1,3176	-1,2474	-1,2474	-1,2267	-1,1485	-1,1476
Osa uložení	1,150	-1,3176	-1,2474	-1,2474	-1,2267	-1,1485	-1,1476
	1,150	-1,3266	-1,2658	-1,2658	-1,2470	-1,1753	-1,1744
	2,530	-1,0563	-1,0014	-1,0014	-0,9855	-0,9241	-0,9235
	2,530	-1,0563	-1,0014	-1,0014	-0,9855	-0,9241	-0,9235
0 0	3,980	-1,3702	-1,2907	-1,2907	-1,2688	-1,1838	-1,1828
	3,980	-1,3702	-1,2907	-1,2907	-1,2688	-1,1838	-1,1828
	5,430	-1,2594	-1,1784	-1,1784	-1,1582	-1,0757	-1,0747
	5,430	-1,2594	-1,1784	-1,1784	-1,1582	-1,0757	-1,0747
0 0	6,880	-1,2623	-1,1777	-1,1777	-1,1553	-1,0689	-1,0679
	6,880	-1,2623	-1,1777	-1,1777	-1,1553	-1,0689	-1,0679
	9,970	-0,5440	-0,5043	-0,5043	-0,4952	-0,4568	-0,4563
	9,970	-0,5440	-0,5043	-0,5043	-0,4952	-0,4568	-0,4563
	13,060	-0,1410	-0,1286	-0,1286	-0,1265	-0,1156	-0,1155
	13,060	-0,1410	-0,1286	-0,1286	-0,1265	-0,1156	-0,1155
Střed rozpětí	16,150	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	16,150	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	19,240	0,1410	0,1286	0,1286	0,1265	0,1156	0,1155
	19,240	0,1410	0,1286	0,1286	0,1265	0,1156	0,1155
	22,330	0,5440	0,5043	0,5043	0,4952	0,4568	0,4563
	22,330	0,5440	0,5043	0,5043	0,4952	0,4568	0,4563
0 0	25,420	1,5206	1,4235	1,4235	1,3962	1,2945	1,2933
	25,420	1,5206	1,4235	1,4235	1,3962	1,2945	1,2933
	26,870	1,8897	1,7687	1,7687	1,7331	1,6049	1,6034
	26,870	1,8897	1,7687	1,7687	1,7331	1,6049	1,6034
0 0	28,320	1,7037	1,6041	1,6041	1,5749	1,4670	1,4658
	28,320	1,7037	1,6041	1,6041	1,5749	1,4670	1,4658
	29,770	1,7170	1,6224	1,6224	1,5935	1,4881	1,4869
	29,770	1,7170	1,6224	1,6224	1,5935	1,4881	1,4869
Osa uložení	31,150	1,3266	1,2658	1,2658	1,2470	1,1753	1,1744
	31,150	1,3266	1,2658	1,2658	1,2470	1,1753	1,1744
Celo	32,300	1,3176	1,2474	1,2474	1,2267	1,1485	1,1476

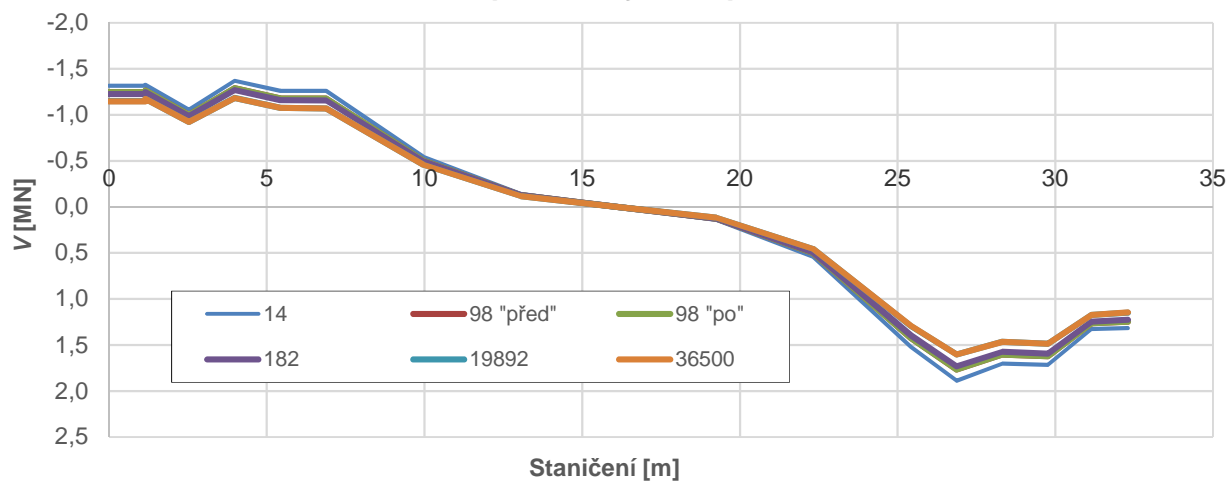
M_p v časových etapách



N_p v časových etapách



V_p v časových etapách

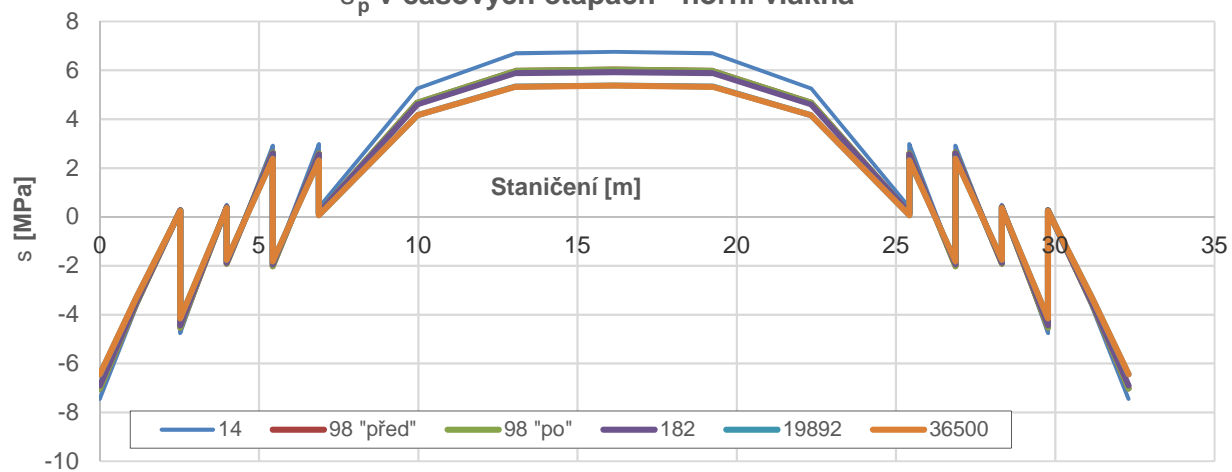


6.9. NORMÁLOVÁ NAPĚTÍ OD PŘEDPĚTÍ

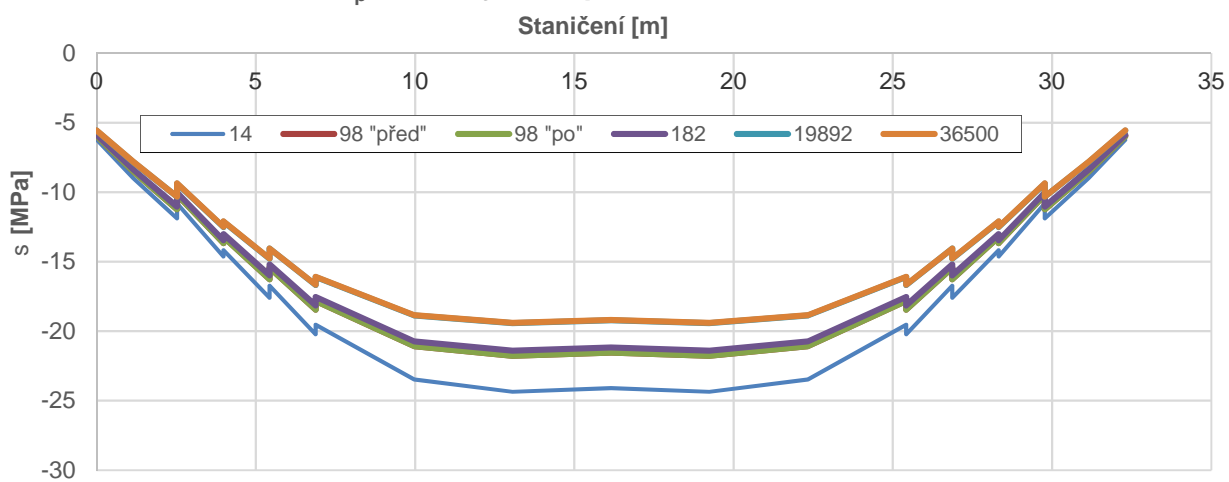
Poloha	Staničení [m]	14 dní		98 "před"		98 "po"		182 dní	
		s_c^h [MPa]	s_c^d [MPa]	s_c^h [MPa]	s_c^d [MPa]	s_c^h [MPa]	s_c^d [MPa]	s_c^h [MPa]	s_c^d [MPa]
Celo	0,000	-7,445	-6,234	-7,022	-5,964	-7,022	-5,964	-6,901	-5,882
Osa uložení	1,150	-3,664	-8,981	-3,530	-8,497	-3,530	-8,497	-3,482	-8,359
	1,150	-3,664	-8,981	-3,530	-8,497	-3,530	-8,497	-3,482	-8,359
0	2,530	0,295	-11,892	0,265	-11,213	0,265	-11,213	0,263	-11,039
0	2,530	-4,746	-10,812	-4,525	-10,181	-4,525	-10,181	-4,436	-10,026
0	3,980	0,491	-14,639	0,403	-13,664	0,403	-13,664	0,403	-13,451
0	3,980	-1,945	-14,176	-1,914	-13,227	-1,914	-13,227	-1,865	-13,023
0	5,430	2,916	-17,610	2,636	-16,254	2,636	-16,254	2,600	-15,997
0	5,430	-1,978	-16,717	-2,007	-15,435	-2,007	-15,435	-1,932	-15,201
0	6,880	2,978	-20,215	2,595	-18,457	2,595	-18,457	2,565	-18,156
0	6,880	0,385	-19,543	0,152	-17,835	0,152	-17,835	0,164	-17,541
0	9,970	5,255	-23,462	4,676	-21,087	4,676	-21,087	4,597	-20,724
0	9,970	5,255	-23,462	4,676	-21,087	4,676	-21,087	4,597	-20,724
0	13,060	6,703	-24,362	5,982	-21,768	5,982	-21,768	5,880	-21,400
0	13,060	6,703	-24,362	5,982	-21,768	5,982	-21,768	5,880	-21,400
Střed rozpětí	16,150	6,755	-24,097	6,030	-21,534	6,030	-21,534	5,928	-21,171
	16,150	6,755	-24,097	6,030	-21,534	6,030	-21,534	5,928	-21,171
0	19,240	6,703	-24,362	5,982	-21,768	5,982	-21,768	5,880	-21,400
0	19,240	6,703	-24,362	5,982	-21,768	5,982	-21,768	5,880	-21,400
0	22,330	5,255	-23,462	4,676	-21,087	4,676	-21,087	4,597	-20,724
0	22,330	5,255	-23,462	4,676	-21,087	4,676	-21,087	4,597	-20,724
0	25,420	0,385	-19,543	0,152	-17,835	0,152	-17,835	0,164	-17,541
0	25,420	2,978	-20,215	2,595	-18,457	2,595	-18,457	2,565	-18,156
0	26,870	-1,978	-16,717	-2,007	-15,435	-2,007	-15,435	-1,932	-15,201
0	26,870	2,916	-17,610	2,636	-16,254	2,636	-16,254	2,600	-15,997
0	28,320	-1,945	-14,176	-1,914	-13,227	-1,914	-13,227	-1,865	-13,023
0	28,320	0,491	-14,639	0,403	-13,664	0,403	-13,664	0,403	-13,451
0	29,770	-4,746	-10,812	-4,525	-10,181	-4,525	-10,181	-4,436	-10,026
0	29,770	0,295	-11,892	0,265	-11,213	0,265	-11,213	0,263	-11,039
Osa uložení	31,150	-3,664	-8,981	-3,530	-8,497	-3,530	-8,497	-3,482	-8,359
	31,150	-3,664	-8,981	-3,530	-8,497	-3,530	-8,497	-3,482	-8,359
Celo	32,300	-7,445	-6,234	-7,022	-5,964	-7,022	-5,964	-6,901	-5,882

Poloha	Staničení [m]	19892 dní		36500 dní	
		s_c^h [MPa]	s_c^d [MPa]	s_c^h [MPa]	s_c^d [MPa]
Celo	0,000	-6,443	-5,563	-6,438	-5,560
Osa uložení	1,150	-3,300	-7,830	-3,298	-7,824
	1,150	-3,300	-7,830	-3,298	-7,824
0	2,530	0,241	-10,327	0,240	-10,319
	2,530	-4,148	-9,376	-4,145	-9,368
0	3,980	0,356	-12,511	0,355	-12,500
	3,980	-1,757	-12,113	-1,756	-12,103
0	5,430	2,384	-14,788	2,381	-14,774
	5,430	-1,816	-14,062	-1,815	-14,049
0	6,880	2,313	-16,673	2,310	-16,656
	6,880	0,076	-16,104	0,075	-16,087
0	9,970	4,163	-18,858	4,158	-18,837
	9,970	4,163	-18,858	4,158	-18,837
	13,060	5,335	-19,424	5,328	-19,401
	13,060	5,335	-19,424	5,328	-19,401
Střed rozpětí	16,150	5,380	-19,221	5,373	-19,198
	16,150	5,380	-19,221	5,373	-19,198
0	19,240	5,335	-19,424	5,328	-19,401
	19,240	5,335	-19,424	5,328	-19,401
	22,330	4,163	-18,858	4,158	-18,837
	22,330	4,163	-18,858	4,158	-18,837
0	25,420	0,076	-16,104	0,075	-16,087
	25,420	2,313	-16,673	2,310	-16,656
0	26,870	-1,816	-14,062	-1,815	-14,049
	26,870	2,384	-14,788	2,381	-14,774
0	28,320	-1,757	-12,113	-1,756	-12,103
	28,320	0,356	-12,511	0,355	-12,500
0	29,770	-4,148	-9,376	-4,145	-9,368
	29,770	0,241	-10,327	0,240	-10,319
Osa uložení	31,150	-3,300	-7,830	-3,298	-7,824
	31,150	-3,300	-7,830	-3,298	-7,824
Celo	32,300	-6,443	-5,563	-6,438	-5,560

s_p v časových etapách - horní vlákna



s_p v časových etapách - dolní vlákna



6.10. PŘEDPĚTÍ - PODLE PŮVODNÍ NORMY

Pro porovnání je proveden výpočet účinků předpětí a základní ověření konstrukce i podle původní normy.

Při výpočtu postupujeme podle [17] s dodržением stejných předpokladů jako při výpočtu podle současné normy.

6.10.1. MAXIMÁLNÍ SÍLA PŘI NAPÍNÁNÍ

Uspořádání předpínací výztuže je v kapitole 2.1. a 2.3.

Údaje o předpínací oceli jsou v kapitole 3.2.

Průměr drátu uvažovaný ve výpočtu: $f = 4,5$ mm

Maximální napětí předpínací výztuže při napínání: $s_{P,max} = 1122,0$ MPa

Doba podržení podle původní dokumentace: 3,0 minuty

Kabely byly napínány střídavě z obou konců nosníku (zřejmě každý kabel jednostranně, ale poloha aktivní a pasivní kotvy byla u jednotlivých kabelů vystřídaná).

Maximální síla P_{max} v kabelech při napínání:

Kabely	Počet kabelů [ks]	Průměr drátu [mm]	Počet drátů v kabelu [ks]	Plocha jednoho kabelu [mm ²]	Plocha kabelů celkem [mm ²]	$s_{P,max}$ [MPa]	P_{max} na 1 kabel [MN]	P_{max} celkem [MN]
18, 19	4	4,5	20	317,925	1271,7	1122,0	0,3567	1,4268
6, 7	4	4,5	20	317,925	1271,7	1122,0	0,3567	1,4268
17, 20	4	4,5	20	317,925	1271,7	1122,0	0,3567	1,4268
5, 8	4	4,5	20	317,925	1271,7	1122,0	0,3567	1,4268
16, 21	4	4,5	20	317,925	1271,7	1122,0	0,3567	1,4268
4, 9	4	4,5	20	317,925	1271,7	1122,0	0,3567	1,4268
15 až 11	16	4,5	20	317,925	5086,8	1122,0	0,3567	5,7074
29 až 13	18	4,5	20	317,925	5722,65	1122,0	0,3567	6,4208
Trvalé kabely								20,6893
Trvalé + dočasné kabely								20,6893

6.10.2. ZTRÁTY TŘENÍM

Údaje pro výpočet ztráty třením nejsou ve "Směrnici" [16] uvedeny. Použijeme proto hodnoty z následující normy [17].

Ztráty vyvozené třením se stanoví podle vzorce:

$$N_x = N_p \cdot e^{-f a_x - k a_x}, \text{ kde:}$$

- N_x je síla v předpínací výztuži ve vyšetřovaném místě x ,
 N_p je síla v předpínací výztuži v místě, ve kterém je vyvozována,
 e je základ přirozených logaritmů,
 f je součinitel tření předpínací výztuže v přímých úsecích,
 k je součinitel tření předpínací výztuže v přímých úsecích na 1 m délky,
 α_x je součet úhlů v míře obloukové všech normál křivky průběhu předpínací výztuže bez ohledu na znaménko mezi místem, ve kterém je předpínací síla vyvozována a vyšetřovaným místem x ,
 a_x je součet délek v m přímých úseků křivky průběhu předpínací výztuže mezi místem, ve kterém je předpínací síla vyvozována a vyšetřovaným místem x .

Hodnoty tření podle [17] se uvažují takto:

		$f^{x)}$		k
Povrch kabelových kanálků je tvořen	ocelovou trubkou o tloušťce stěny alespoň 0,2 mm	0,20	až 0,30	0
	ocelovou trubkou o tloušťce stěny do 0,2 mm	0,30	až 0,35	0,003
	betonem	0,30	až 0,50	0

^{x)} Při určení velikosti tření se musí přihlídnout ke krajním hodnotám.

Zakřivené kabelové kanálky byly vytvořeny pomocí ocelových trubek ponechaných v konstrukci, přímé kanálky (tzn. kanálky pro provizorní kabely) byly vytvořeny pomocí trubek, které se po částečném zatvrdnutí betonu vytáhly. Ponechané ocelové trubky jsou v dokumentaci popsány světlym průměrem a hmotností na 1 m délky:

světly průměr ... $d_0 = 54$ mm
 hmotnost ... $m = 0,748$ kg/m
 tomu odpovídá tloušťka stěny ... $t = 0,55$ mm

Uvažujeme tedy součinitele tření pro stěnu ocelové trubky větší než 0,2 mm, tzn.:

$f = 0,30$
 $k = 0,00$

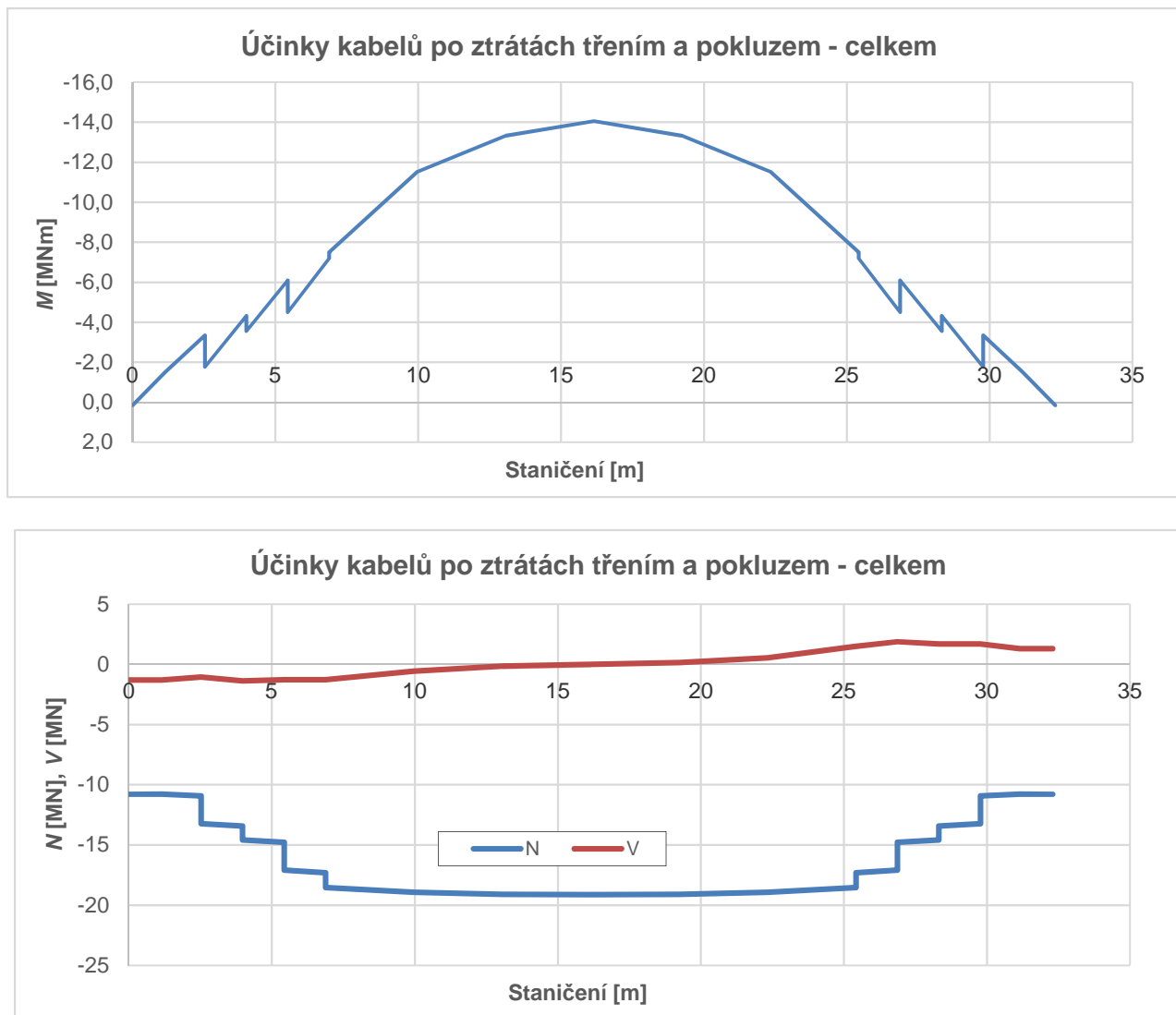
Pozn.: ve výpočtu je ponechán postup podle EN, kdy se součinitelem k přenásobuje celá délka k posuzovanému bodu - přímé úseky i oblouky. Protože je ale k rovno nule, na výsledku se tato skutečnost neprojeví.

Některé z kabelů jsou mírně zakřiveny i ve vodorovném směru; úhly ve svislém a ve vodorovném směru se však nesčítají přímo, ale prostřednictvím "prostorové křivky", která vliv zakřivení ve druhém směru výrazně redukuje => vliv zakřivení ve vodorovném směru bude minimální a ve výpočtu je zanedbán. Možný rozsah hodnot tření bude zohledněn uvažováním různých hodnot m a k ve výpočtu.

6.10.3. ZTRÁTY POKLUZEM

Uvažovaný pokluz v kotvě: $u = 6,0$ mm

6.10.4. VNITŘNÍ SÍLY PO ZTRÁTÁCH TŘENÍM A POKLUZEM



6.10.5. ZTRÁTY POSTUPNÝM NAPÍNÁNÍM

Ztrátu předpětí vlivem postupného napínání stanovíme pomocí následujícího vztahu:

$$DP_{el} = A_P \cdot E_P \cdot S \left[\frac{j \cdot Ds_C(t)}{E_{cm}(t)} \right] \quad , \text{ kde:}$$

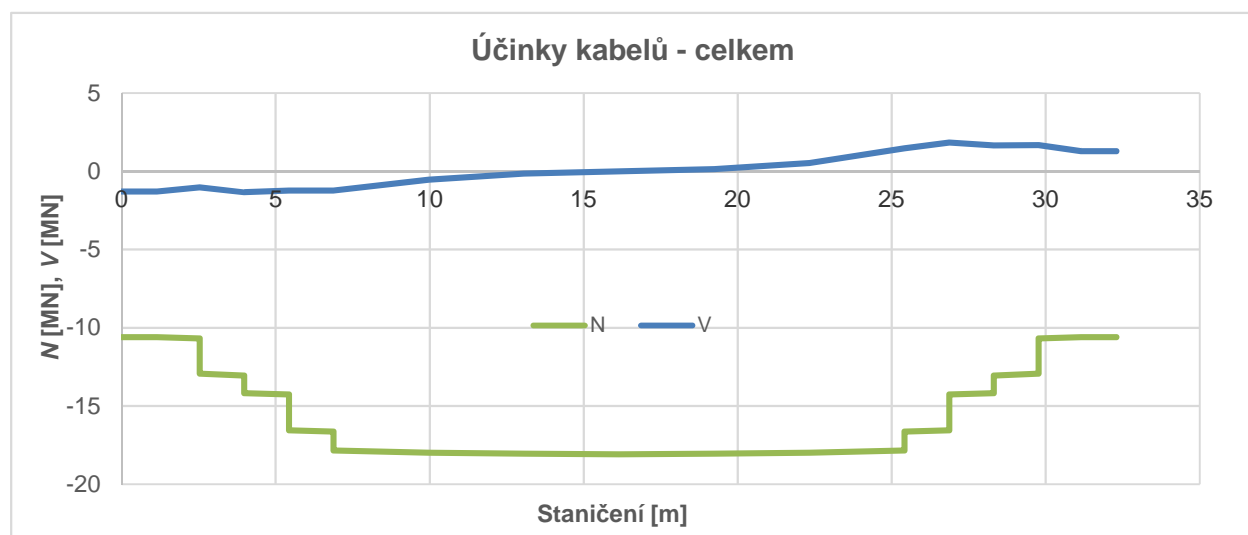
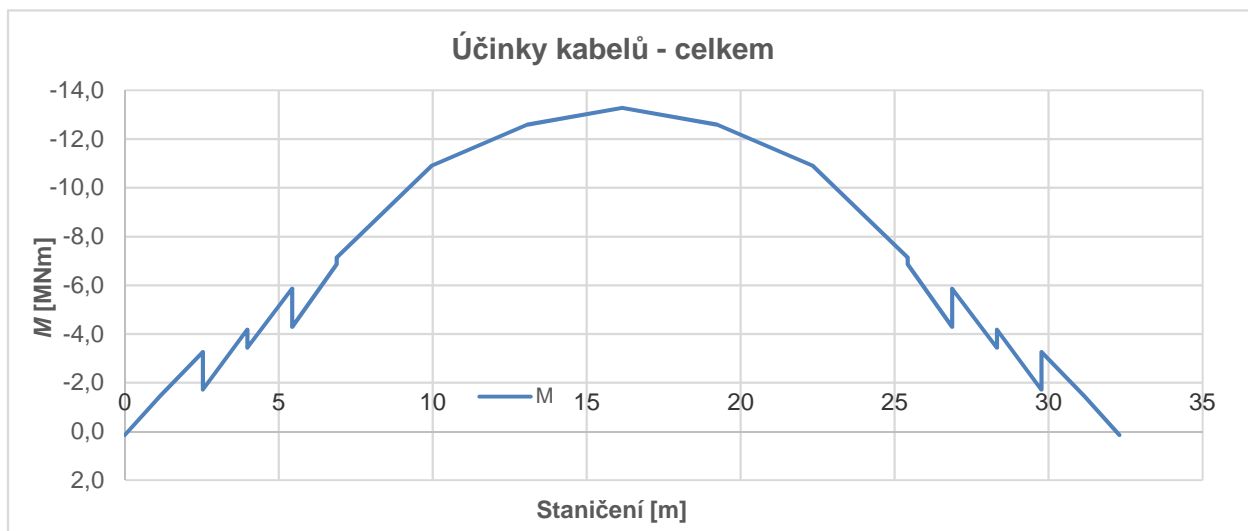
Ds_C je změna napětí v těžišti předpínacích vložek uvažovaná v okamžiku t ,
 j je koeficient rovný:

$j = (n - 1)/2n$, kde n je počet stejných předpínacích vložek postupně napínaných; přibližně lze uvažovat j hodnotou 1/2:
 $j = 1$ pro změny vyvzené stálými zatíženími působícími po předpínání.

$$n = 29$$

$$j = \frac{28}{58} = 0,483$$

6.10.6. ÚČINKY PŘEDPĚTÍ V OKAMŽIKU VNESENÍ PŘEDPĚTÍ



6.10.7. ČASOVĚ ZÁVISLÉ ZTRÁTY PŘEDPĚTÍ

6.10.7.1. Smršťování betonu

Uvažujeme smrštění betonu podle kapitoly 3.1.2.2.

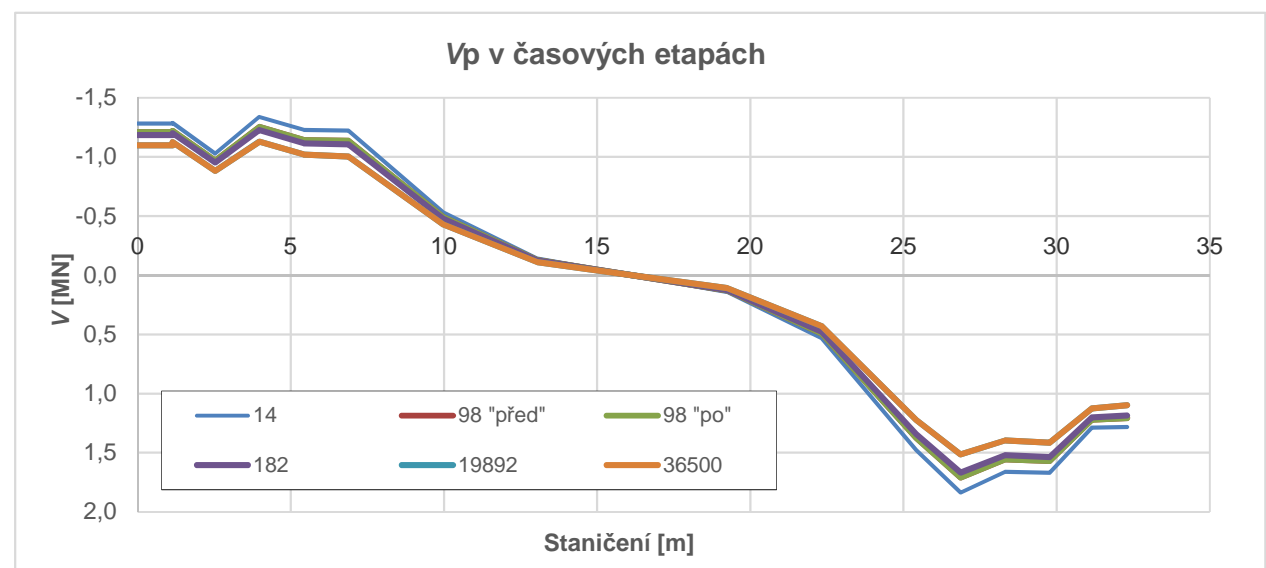
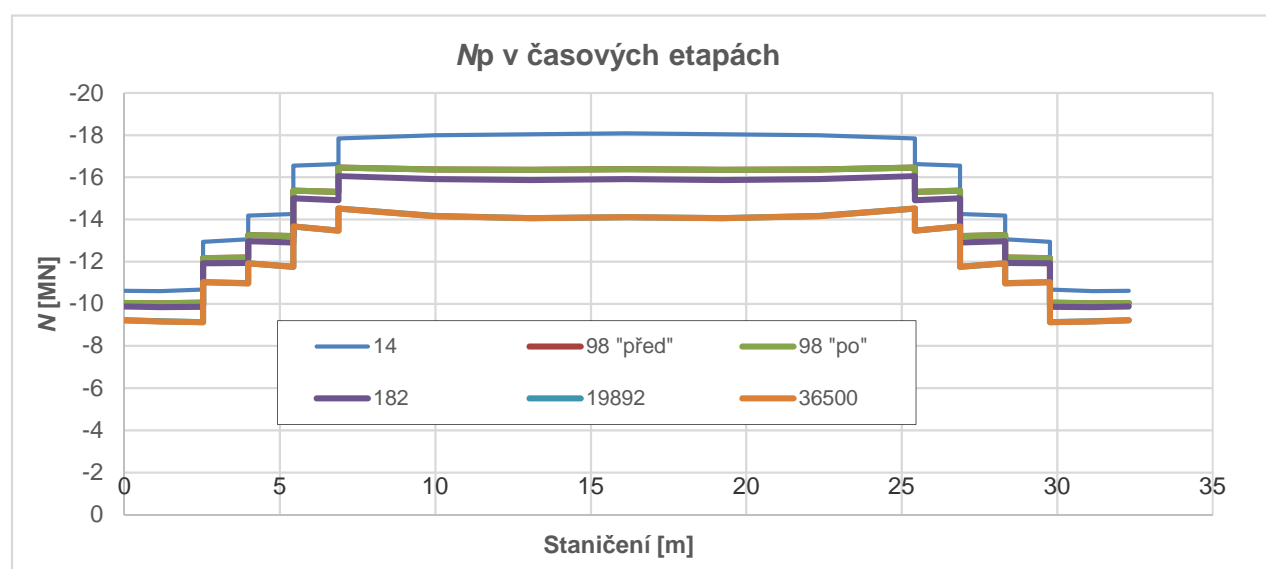
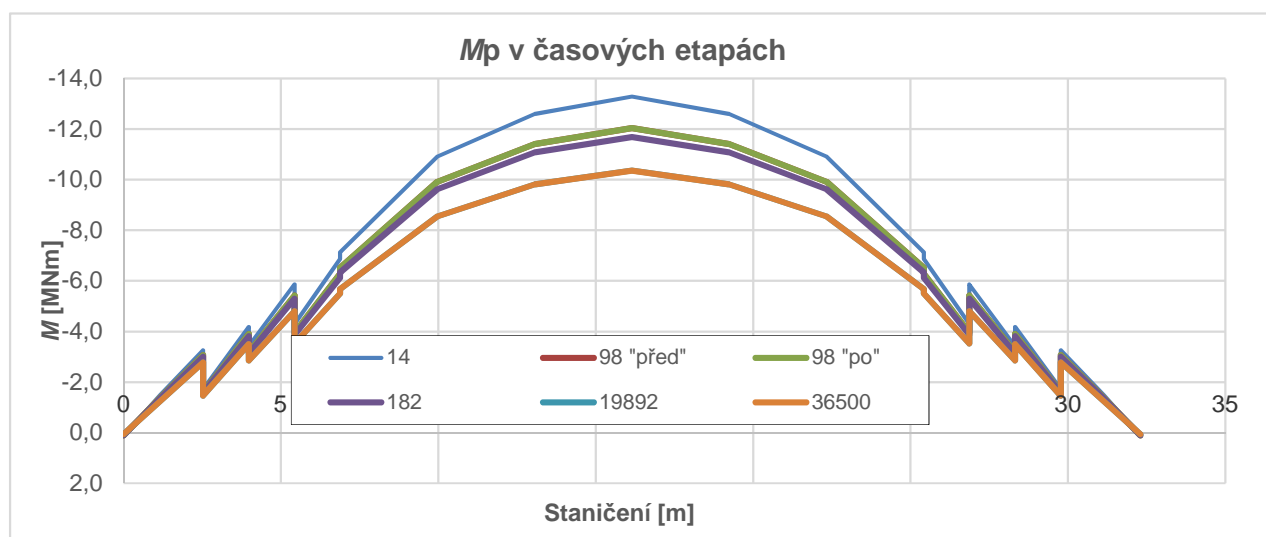
6.10.7.2. Dotvarování betonu

Průběh dotvarování betonu uvažujeme podle kapitoly 3.1.3.2.

6.10.7.3. Relaxace předpínací výztuže

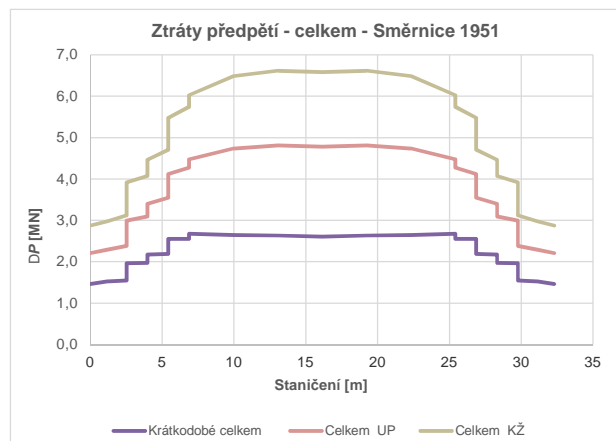
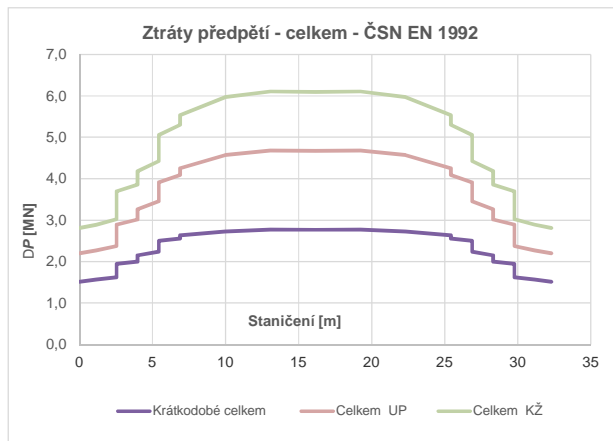
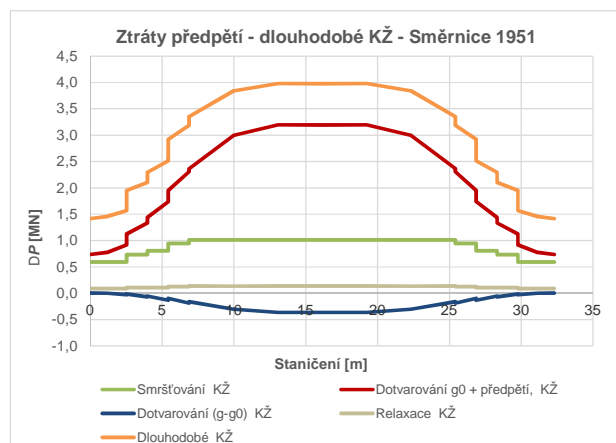
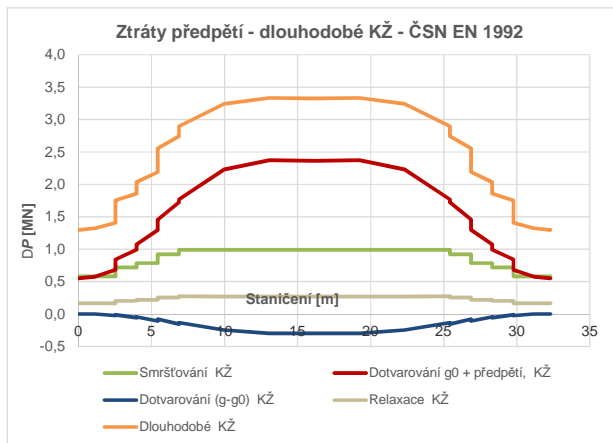
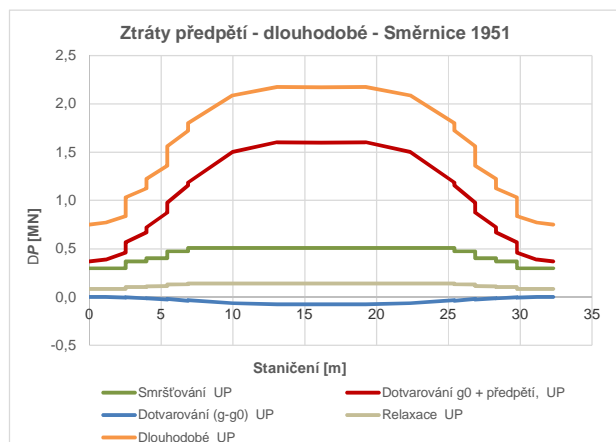
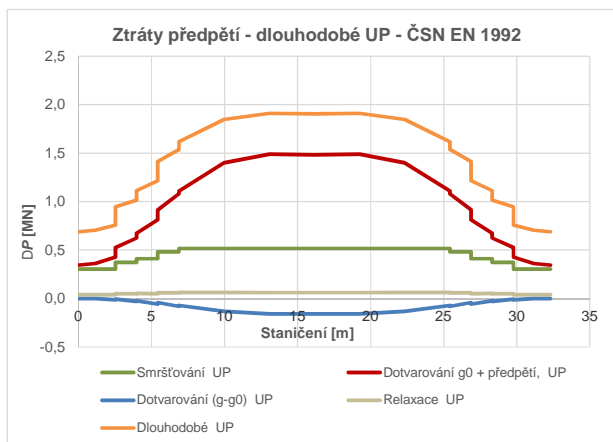
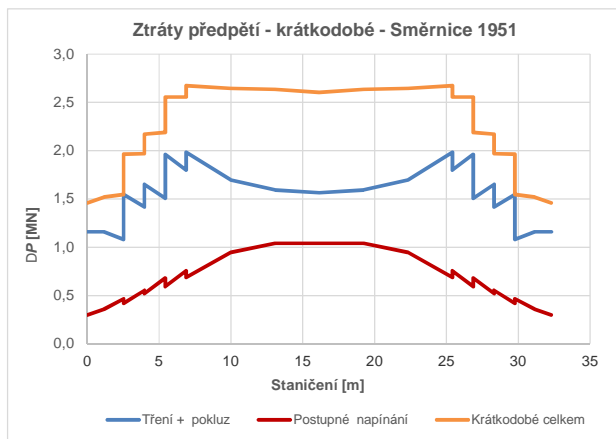
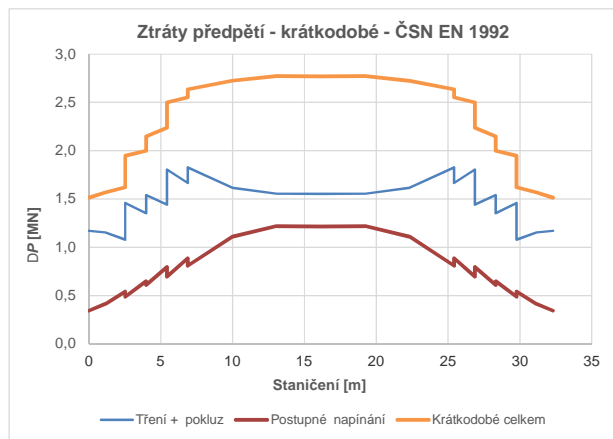
Průběh relaxace předpínací výztuže podle původní normy uvažujeme podle kapitoly 3.2.3.

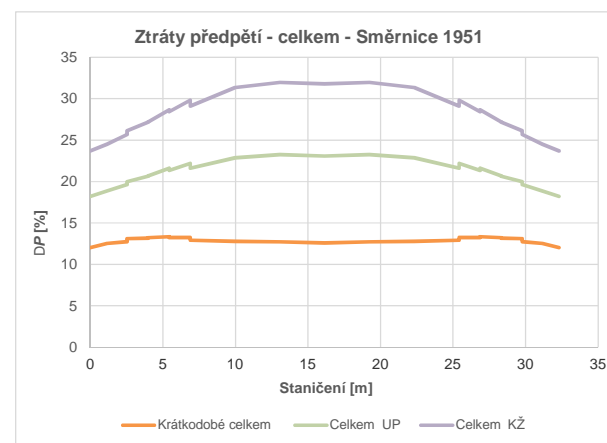
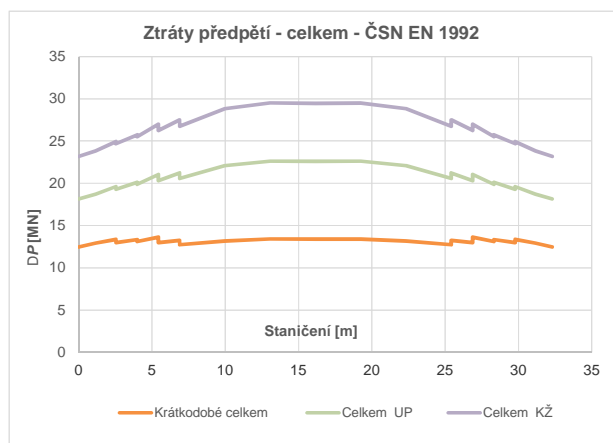
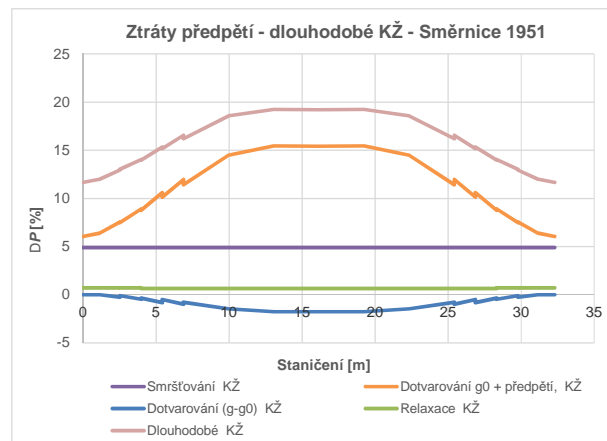
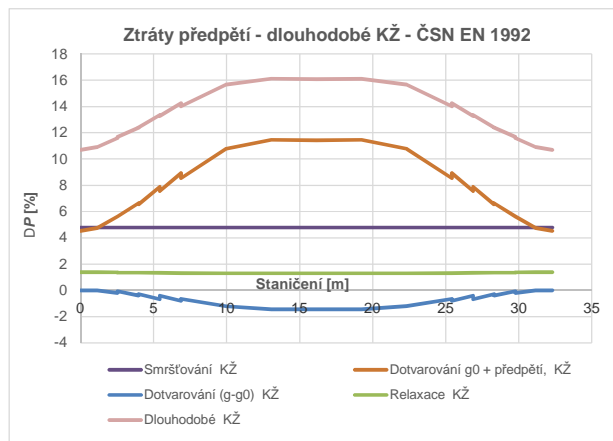
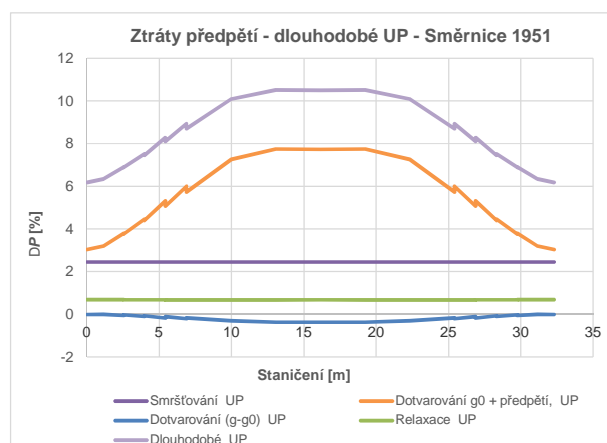
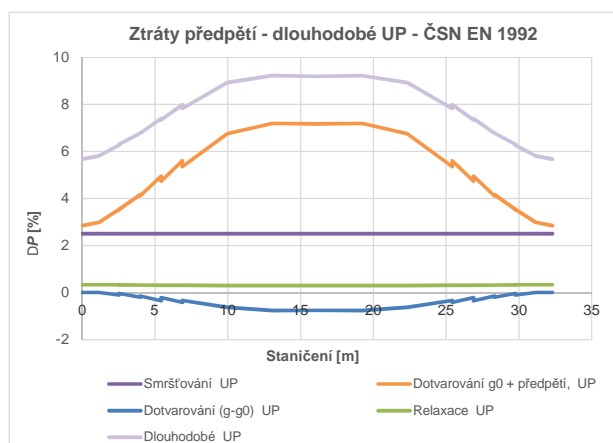
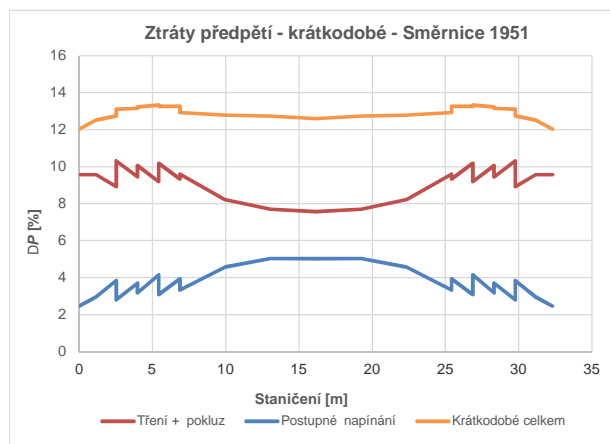
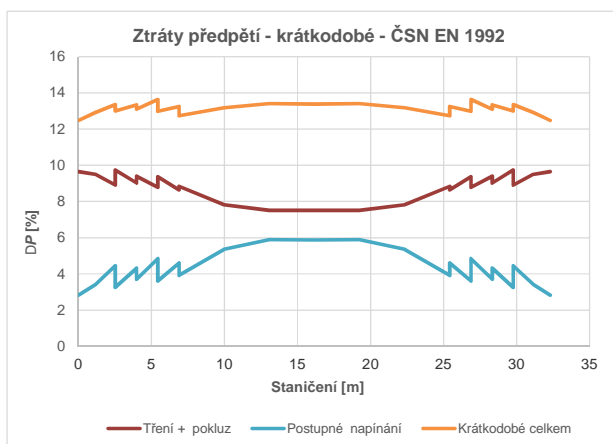
6.10.8. PŘEHLED ÚČINKŮ PŘEDPĚTÍ V ČASOVÝCH ETAPÁCH

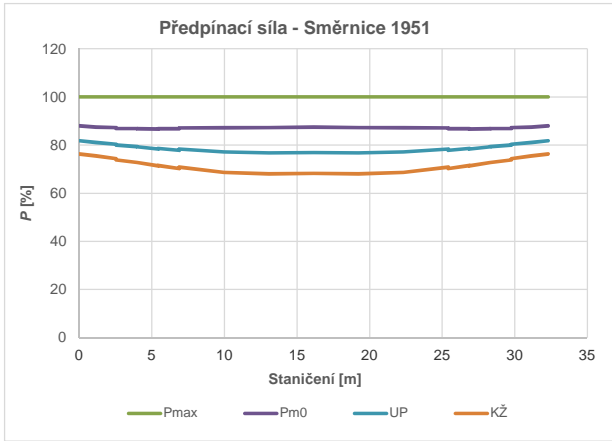
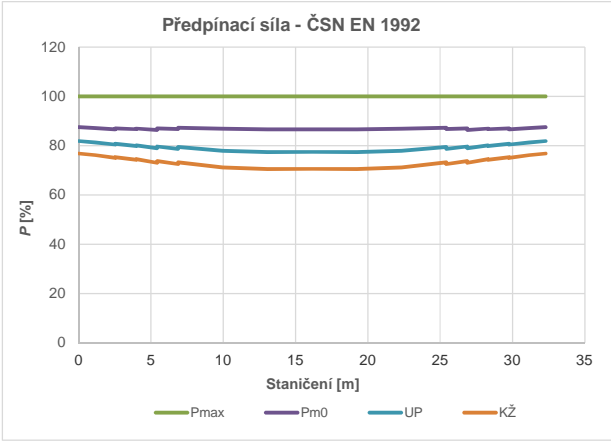
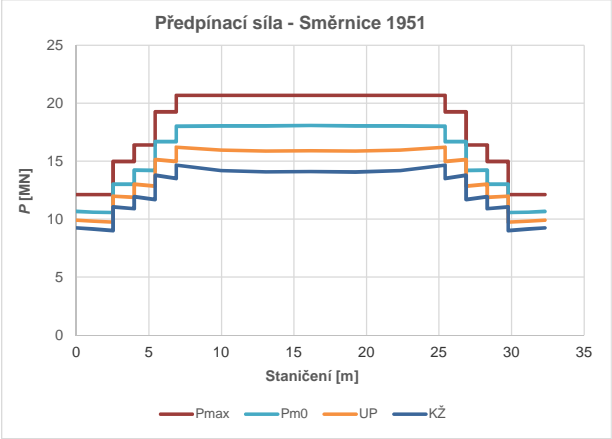
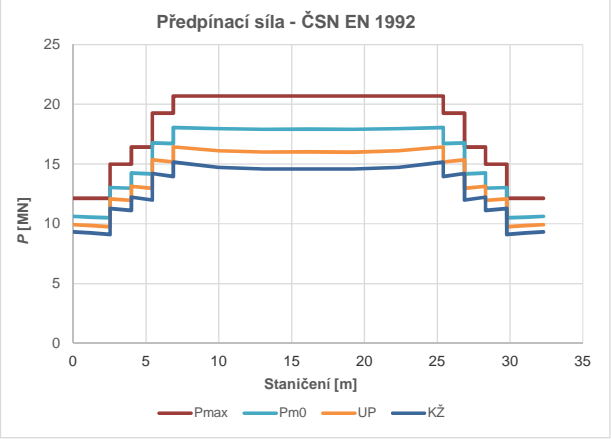


6.11. PŘEDPĚTÍ - POROVNÁNÍ VÝSLEDKŮ

Následující průběhy jsou ovlivněny skutečností, že ztráty předpětí byly upřesňovány tak, aby byla v souladu hodnota spočítané a naměřené předpínací síly. Příklad porovnání pro "čistě" normový výpočet je v Příloze 1 k výpočtu zatížitelnosti mostu přes Zenklovu ulici.







7. POSOUZENÍ KONSTRUKCE

Pro ověření působení konstrukce provedeme v této kapitole posouzení normálových napětí provedené stejným způsobem jako při návrhu nového mostu.

7.1. VÝPOČET PODLE ČSN EN

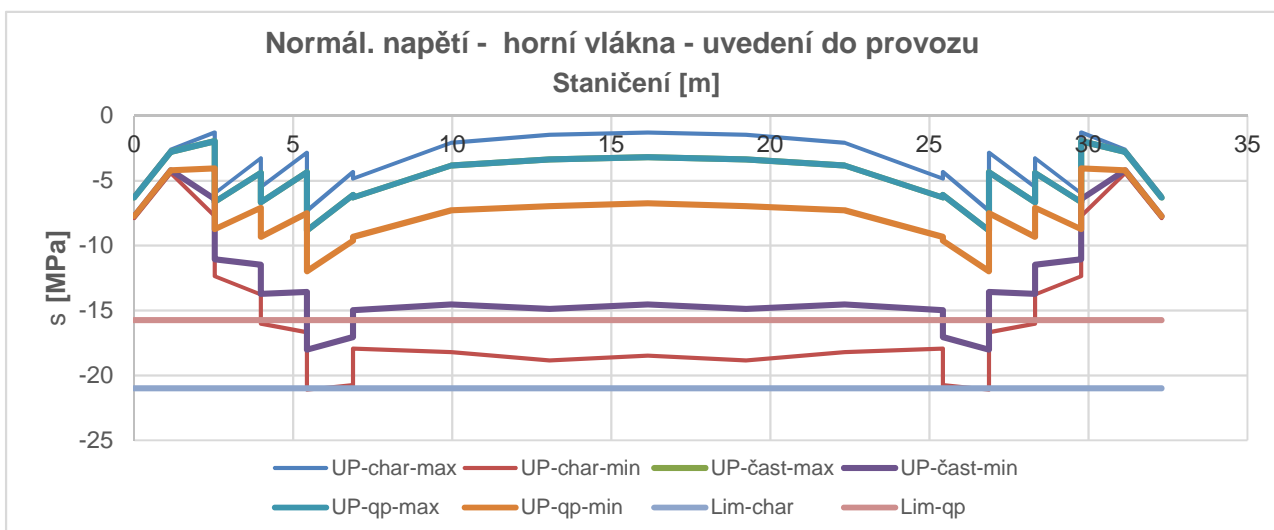
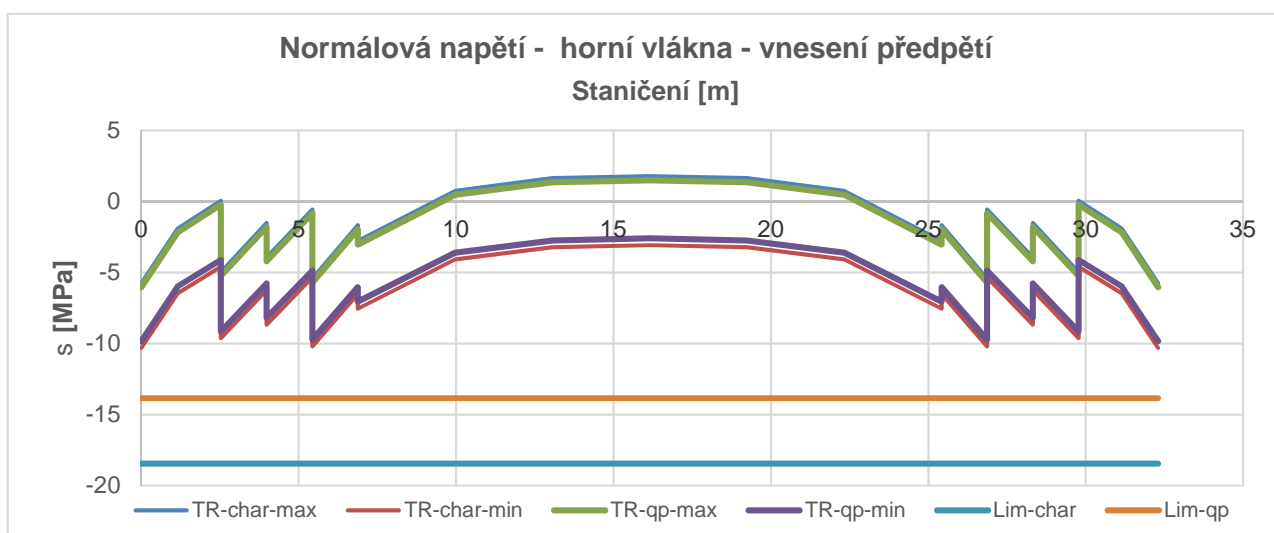
V této kapitole je provedeno posouzení konstrukce podle aktuálně platných norem řady ČSN EN. Jsou uvažována odpovídající zatížení, materiálové vlastnosti, výpočet ztrát a účinků předpětí i omezující podmínky při ověření uvažovaných mezních stavů.

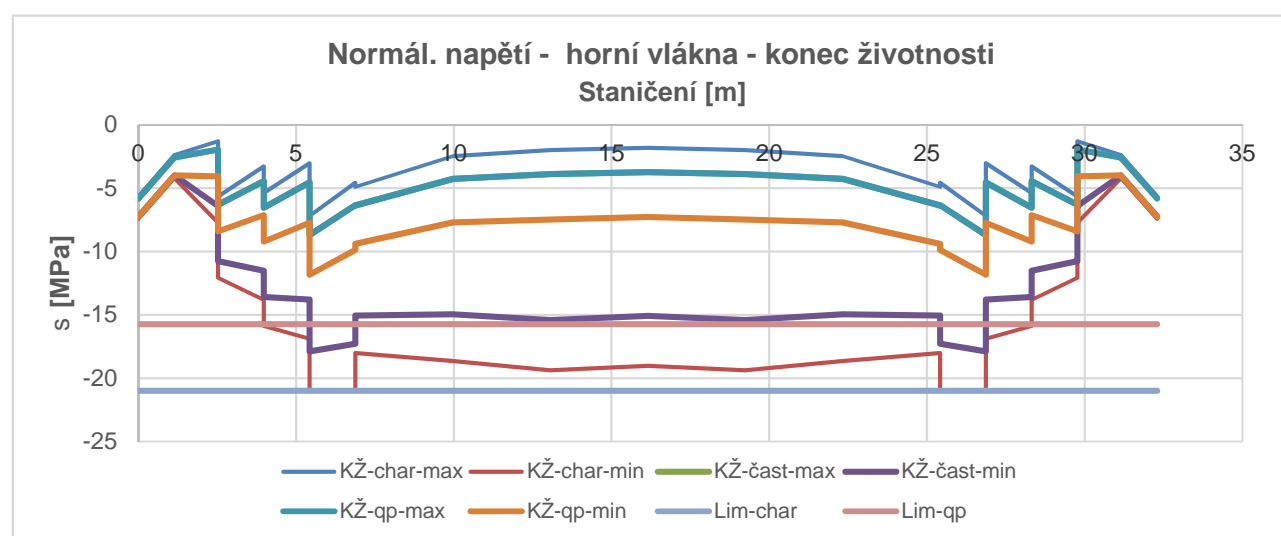
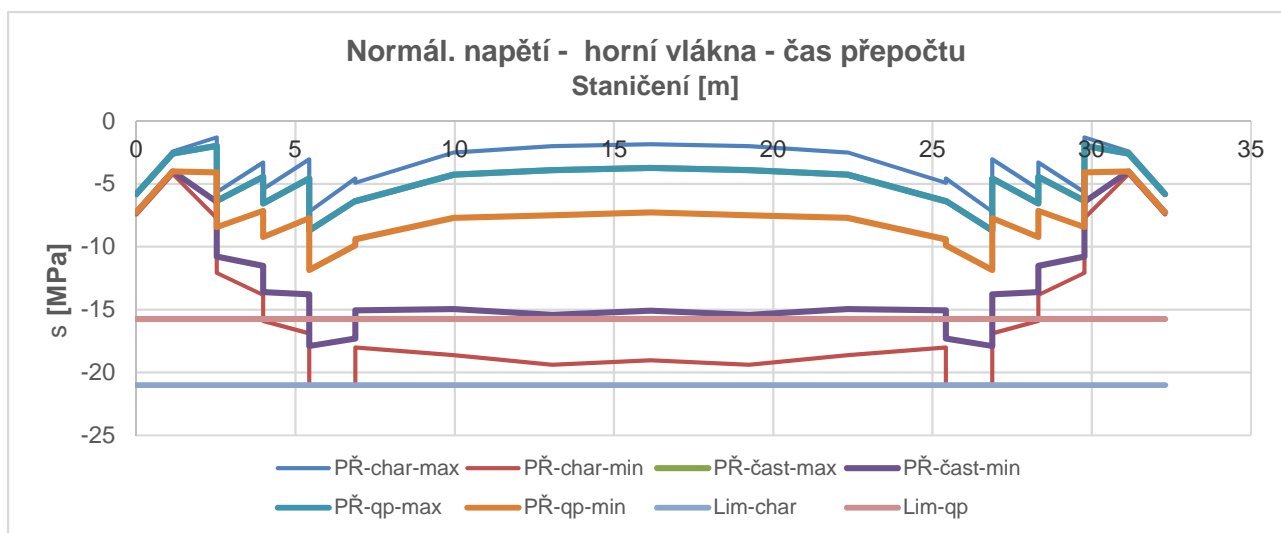
Protože se při stanovení zatížitelnosti jedná o orientační posouzení, jako hlavní proměnné zatížení uvažujeme pouze zatížení dopravou.

Posouzení provedeme pro svislé proměnné zatížení 1,0.LM71.

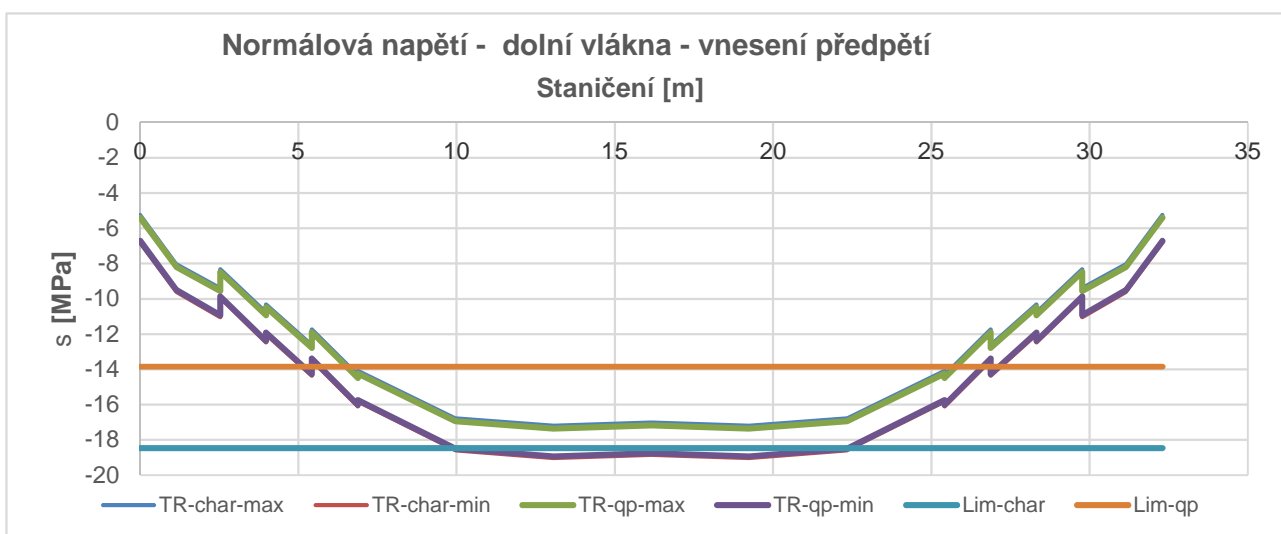
V následujících grafech je vyneseno přehled výsledných hodnot normálových napětí.

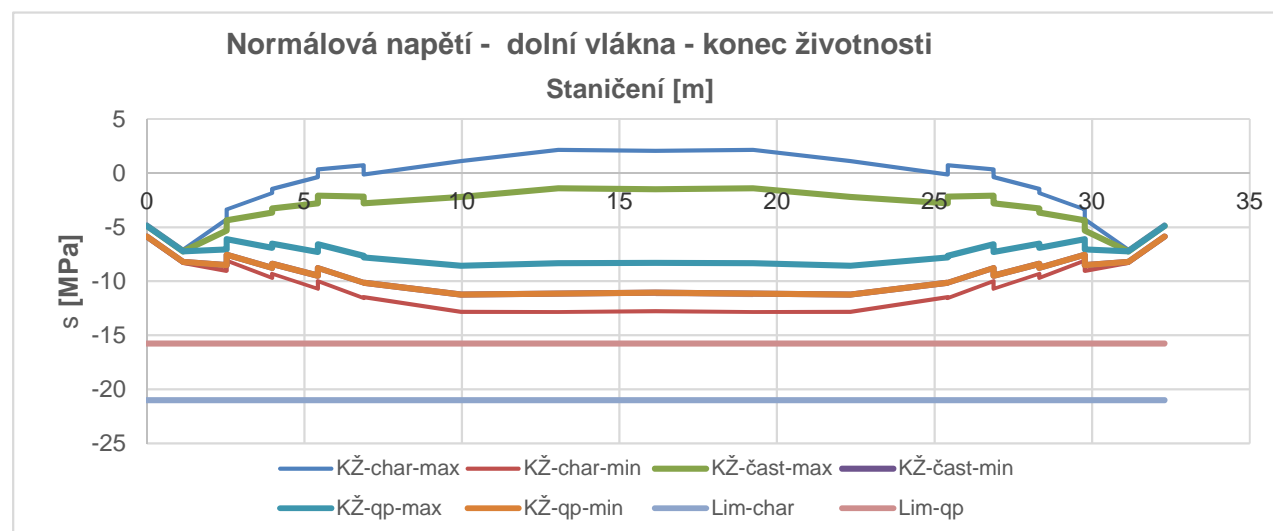
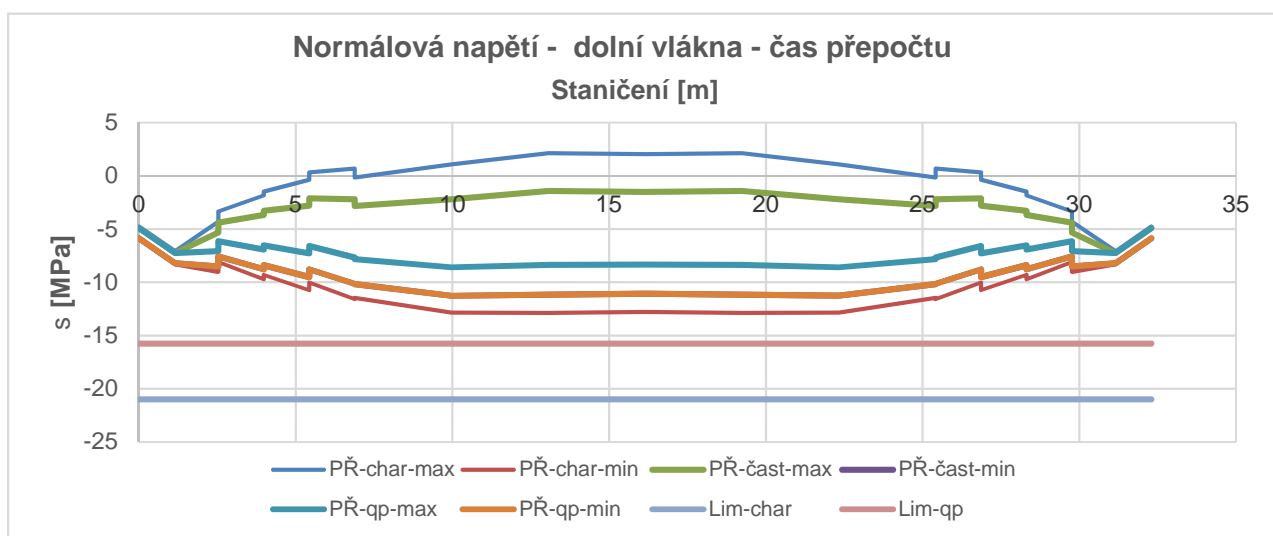
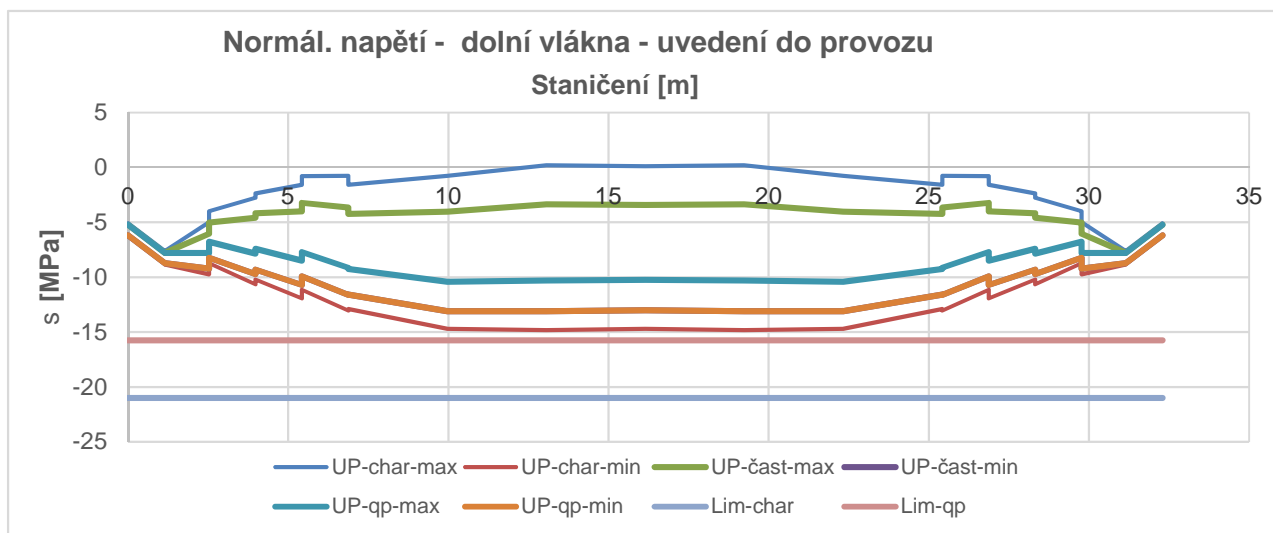
7.1.1. HORNÍ VLÁKNA





7.1.2. DOLNÍ VLÁKNA





Z důvodu lepší návaznosti na stanovení zatížitelnosti byl při posouzení jako zatížení dopravou uvažován 1,0-násobek Modelu zatížení 71. Protože se konstrukce nachází na trati první třídy, byl by při návrhu nového mostu uvažován 1,21-násobek Modelu zatížení 71 a model SW/2.

Omezení napětí betonu v tlaku:

- přípustná napětí betonu v tlaku jsou uvedena v kapitole 3.1.1.2. Hodnoty jsou mírně překročeny v dolních vláknech v čase vnesení předpětí - podle EN by mělo být uvažováno nelineární dotvarování.

Omezení trhlin:

- podle [1] se pro daný případ uvažují následující omezující podmínky:

- mimo kontaktní spáru ... ověření dekomprese při časté kombinaci zatížení,
- v kontaktní spáře ... ověření dekomprese při charakteristické kombinaci zatížení.

Kontaktní spáry na konstrukci nejsou, hodnoty mimo kontaktní spáru nejsou překročeny.

- podle [8] se pro daný případ uvažují následující omezující podmínky:

- mimo kontaktní spáru ... ověření dekomprese při kvazistálé kombinaci zatížení a ověření šířky trhlin při časté kombinaci zatížení,
- v kontaktní spáře ... ověření dekomprese při charakteristické kombinaci zatížení.

Kontaktní spáry na konstrukci nejsou, hodnoty mimo kontaktní spáru nejsou překročeny.

7.2. VÝPOČET PODLE PŮVODNÍ NORMY

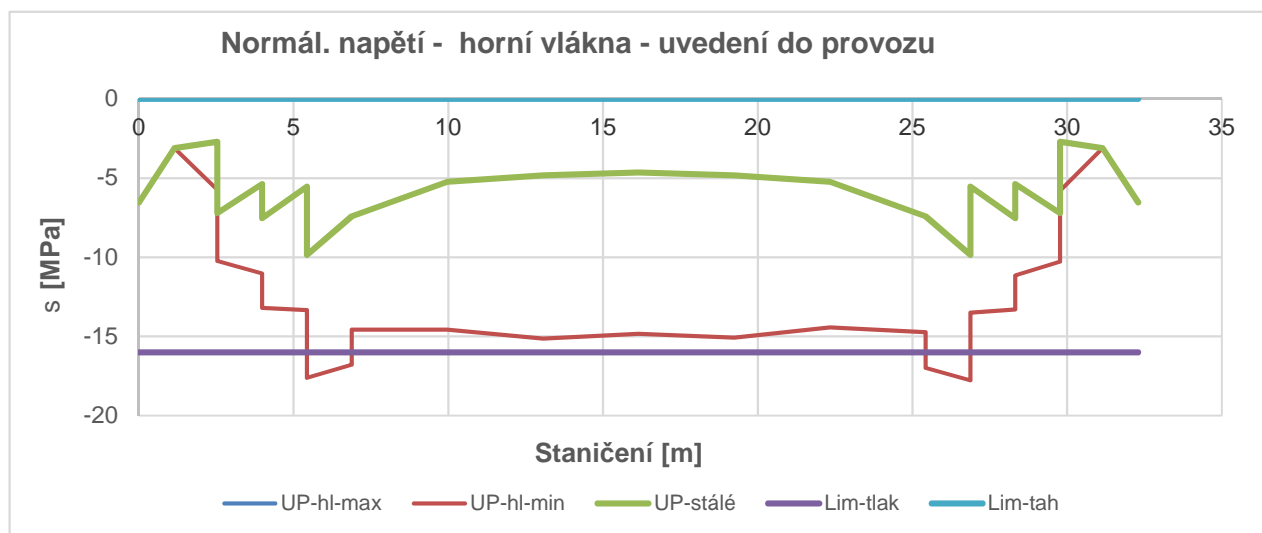
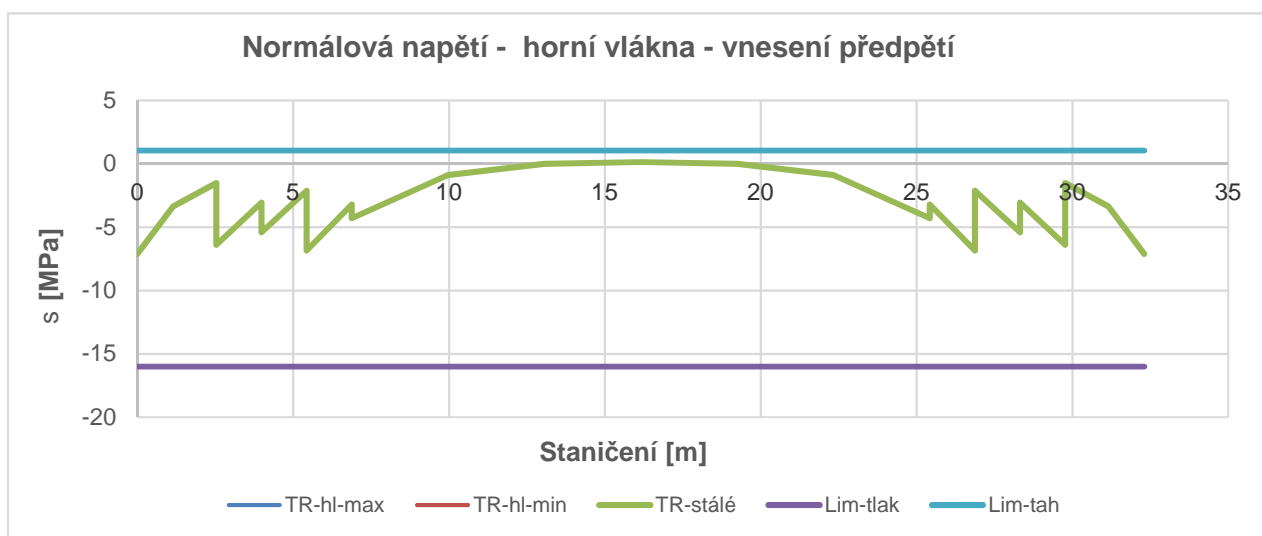
V této kapitole je provedeno posouzení konstrukce podle norem platných v době návrhu mostu. Podle těchto norem jsou uvažována odpovídající zatížení, materiálové vlastnosti, výpočet ztrát a účinků předpětí i omezující podmínky při provedených posouzeních.

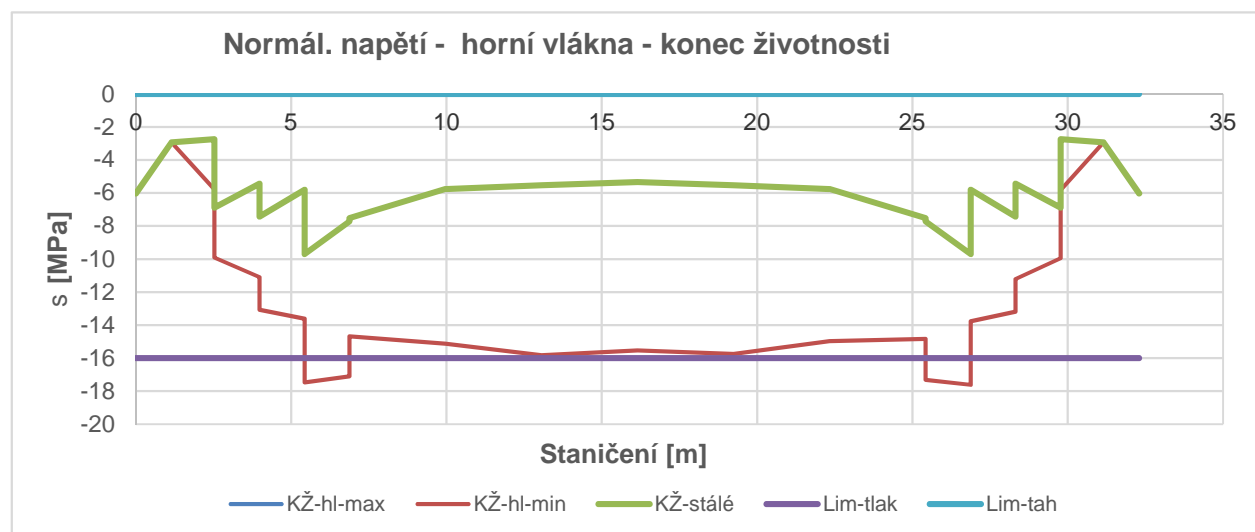
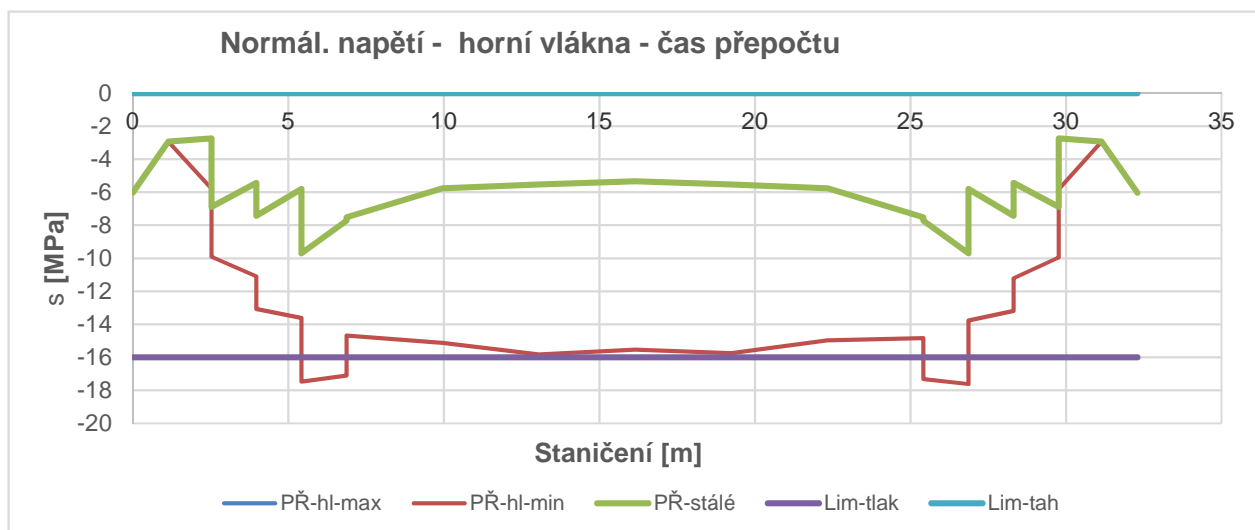
Protože se jedná o orientační posouzení, uvažuje se pouze zatížení hlavní.

Jako svislé zatížení dopravou je uvažován vlak A.

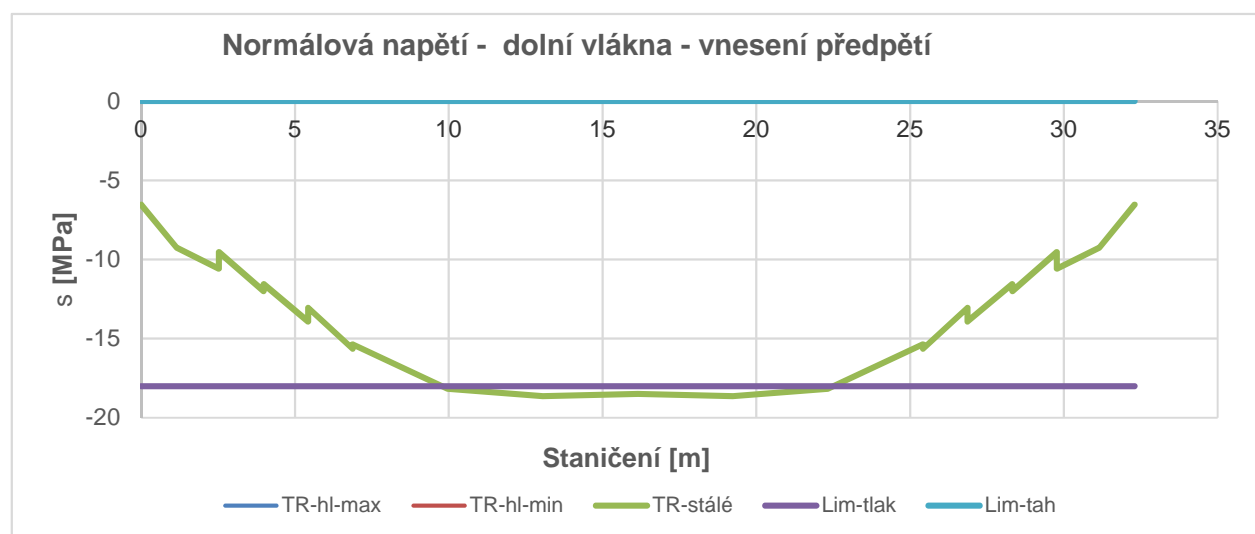
V následujících grafech je vyneseno přehled výsledných hodnot normálových napětí.

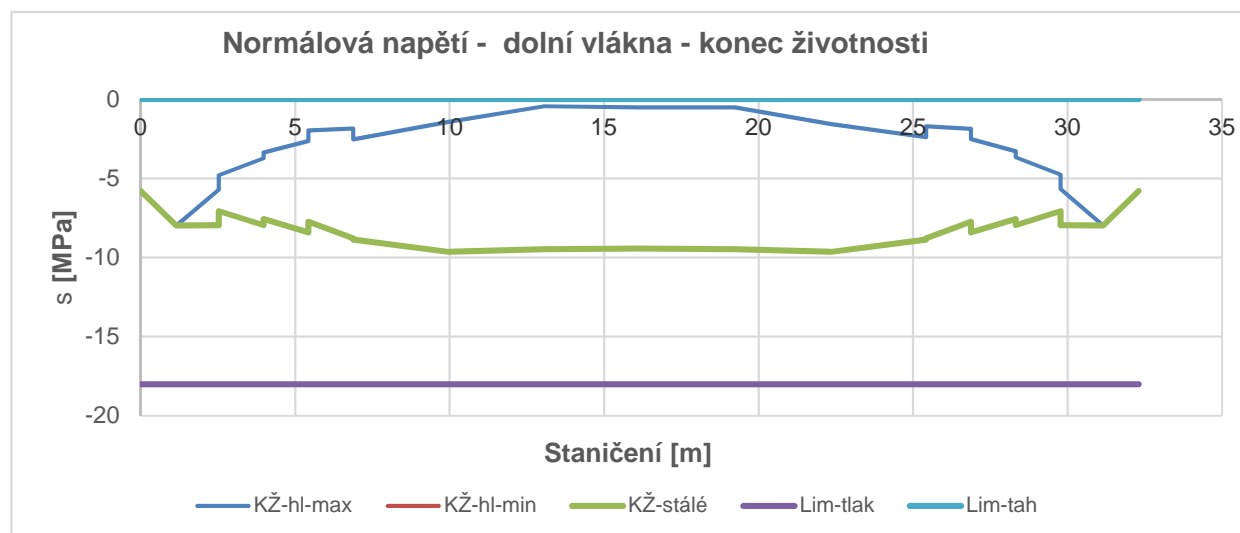
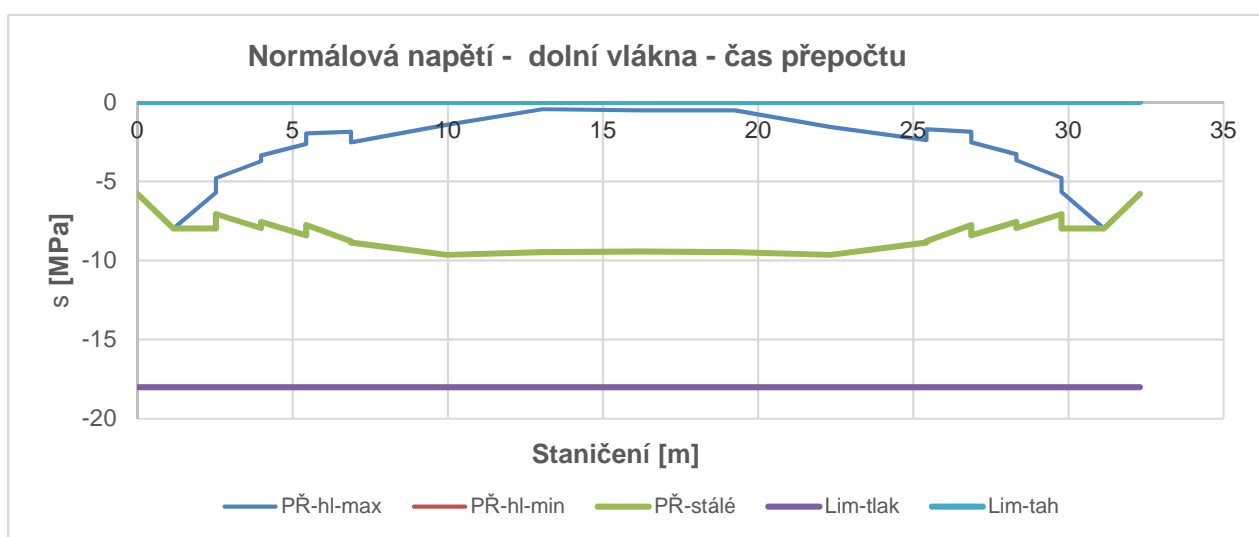
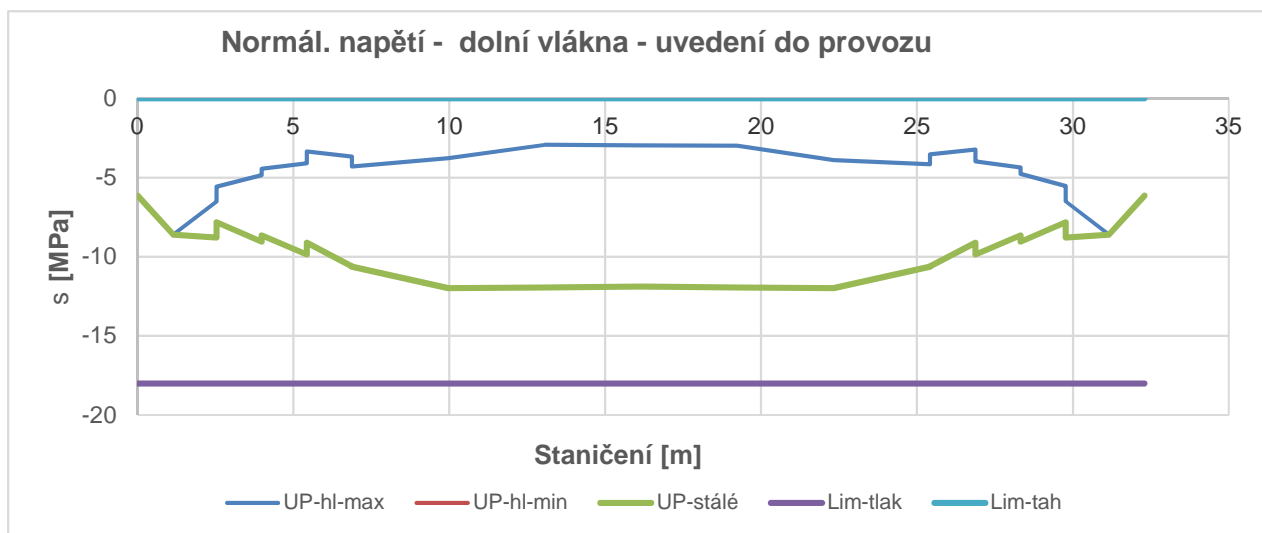
7.2.1. HORNÍ VLÁKNA





7.2.2. DOLNÍ VLÁKNA





Konstrukce z hlediska provedených posouzení vyhoví jako plně předpjatá.

8. ZATÍŽITELNOST NA ZÁKLADĚ MSP

V rámci ověření konstrukce z hlediska mezních stavů použitelnosti se podle [1] při přepočtech stávajících konstrukcí uvažují následující mezní stavy:

- omezení napětí,
- omezení přetvoření z hlediska bezpečnosti dopravy:
 - svislé deformace nosné konstrukce mostního objektu,
 - zkroucení nosné konstrukce mostního objektu,
 - vodorovné deformace nosné konstrukce mostního objektu,
 - pootočení podporových průřezů nosné konstrukce mostního objektu,
- vznik nepříjemných kmitání:
 - dynamická analýza mostního objektu se provádí jen na základě dohody odborného útvaru zadavatele a zpracovatele přepočtu stávajícího mostního objektu a není předmětem metodického pokynu [1] ,
- omezení trhlin.

8.1. OMEZENÍ NAPĚTÍ - CHARAKTERISTICKÁ KOMBINACE

Zatížitelnost stanovíme podle následujícího vztahu:

$$Z_{LM71} = \frac{s_{c,lim} - s_{c,p} - Ss_{c,rs,i}}{s_{c,LM71}}, \text{ kde}$$

$s_{c,lim}$ je přípustná hodnota normálového napětí; pro charakteristickou kombinaci zatížení:

$$s_{lim} = 0,60 \cdot f_{ck} = 0,60 \cdot 35,0 = 21,000 \text{ MPa}$$

$s_{c,p}$ je charakteristická hodnota normálového napětí v betonu od předpětí ve vyšetřovaném vlákně průřezu v posuzovaném čase,

$Ss_{c,rs,i}$ jsou charakteristické, kombinační nebo skupinové hodnoty normálového napětí v betonu ve vyšetřovaném vlákně průřezu od ostatních zatížení, která působí současně se svislým proměnným zatížením železniční dopravou,

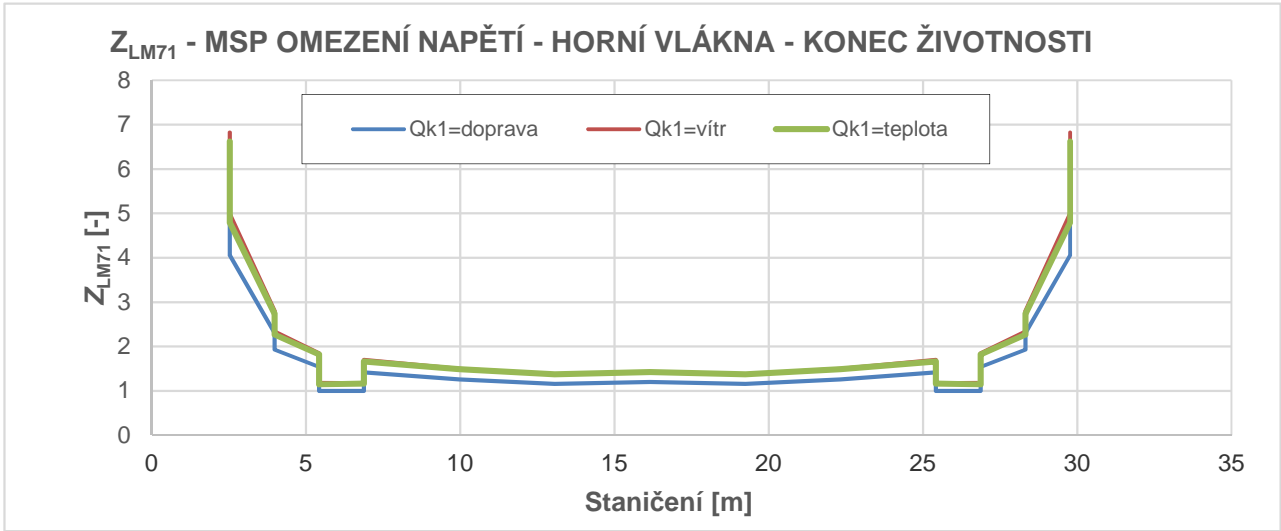
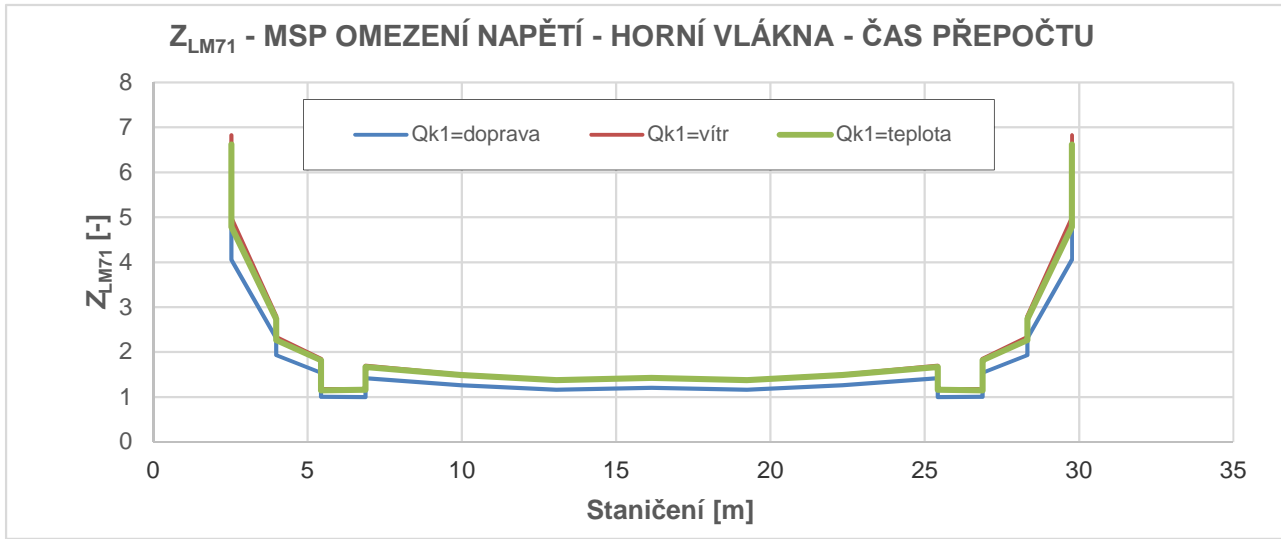
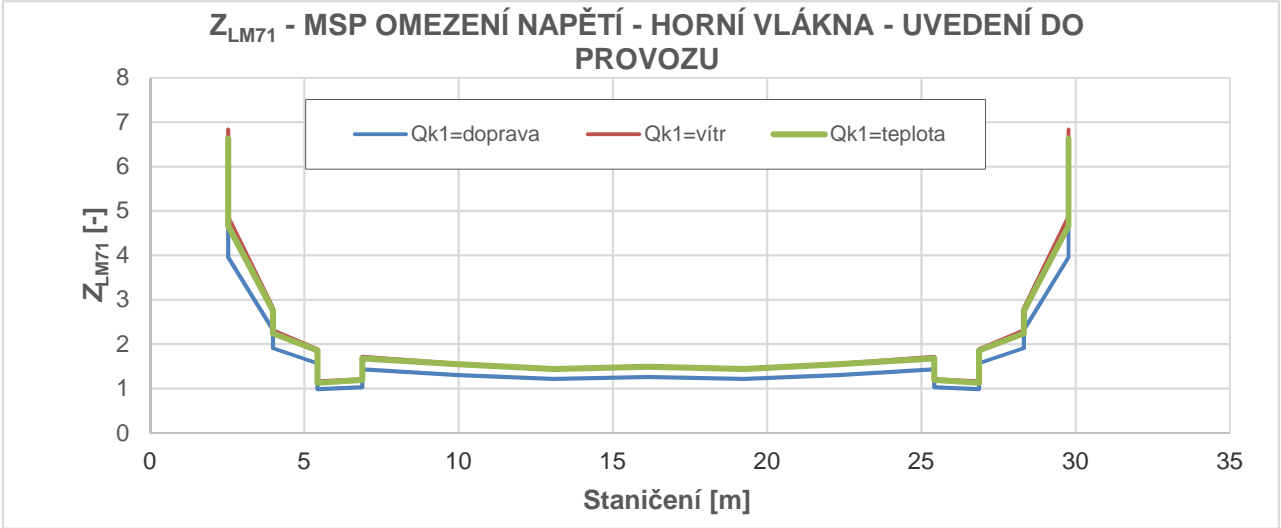
s_{LM71} je charakteristická hodnota normálového napětí v betonu ve vyšetřovaném vlákně průřezu od svislého proměnného zatížení železniční dopravou reprezentovaného Modelem zatížení 71 včetně dynamických účinků.

Zatížitelnost stanovíme pro horní vlákna nosné konstrukce.

Uvažujeme sestavu zatížení gr12.

Podrobnosti jsou uloženy u zpracovatele výpočtu, zde je uveden přehled výsledků:

Čas	Z _{LM71} pro Q _{k1} uvažované jako			Minimum
	doprava	vítr	teplota	
Uvedení do provozu	0,985	1,158	1,126	0,985
Čas přepočtu	1,000	1,178	1,147	1,000
Konec životnosti	1,000	1,177	1,147	1,000
Celkové minimum				0,985



8.2. OMEZENÍ TRHLIN - OHYB

Omezující podmínky pro ověření - podle [1] , tab. C.5, str. 97:

Stupeň vlivu prostředí ...	XD3	}	=>
Předpínací výztuž ...	soudržná		

=> mimo kontaktní spáru ... ověření dekomprese při časté kombinaci zatížení,
v kontaktní spáře ... ověření dekomprese při charakteristické kombinaci zatížení.

Zatížitelnost stanovíme podle následujícího vztahu:

$$Z_{LM71} = \frac{s_{c,lim} - s_{c,p} - Ss_{c,rs,i}}{s_{c,LM71}}, \text{ kde}$$

$s_{c,lim}$ je přípustná hodnota normálového napětí; pro ověření dekomprese se uvažuje:

$$s_{c,lim} = 0,000 \text{ MPa}$$

$s_{c,p}$ je charakteristická hodnota normálového napětí v betonu od předpětí ve vyšetřovaném vlákně průřezu v posuzovaném čase,

$Ss_{c,rs,i}$ jsou charakteristické, kombinační nebo skupinové hodnoty normálového napětí v betonu ve vyšetřovaném vlákně průřezu od ostatních zatížení, která působí současně se svislým proměnným zatížením železniční dopravou,

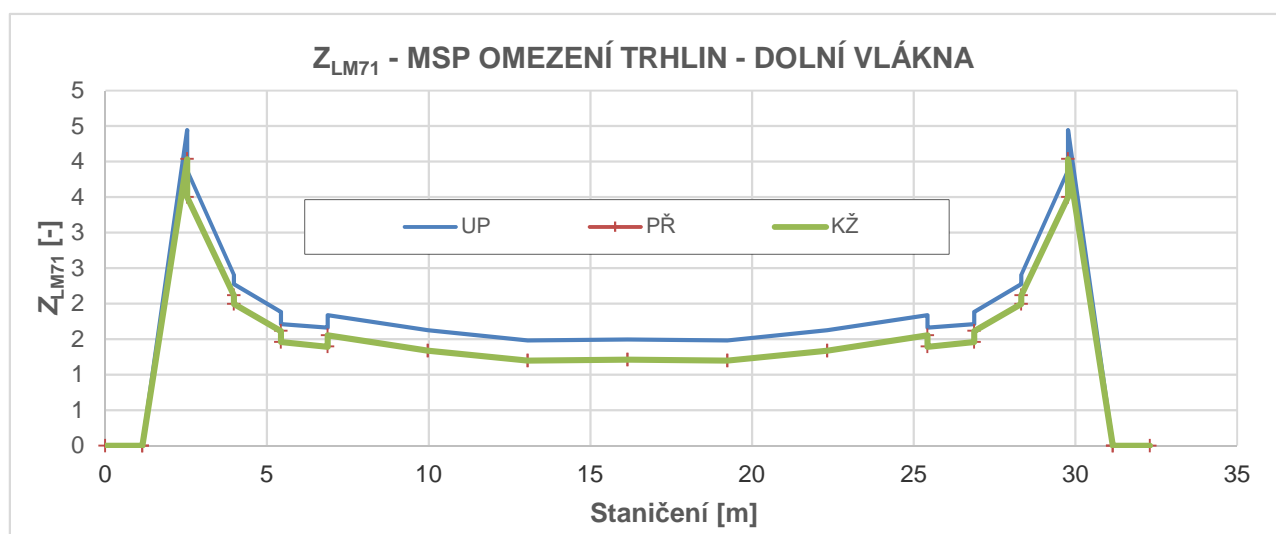
s_{LM71} je charakteristická hodnota normálového napětí v betonu ve vyšetřovaném vlákně průřezu od svislého proměnného zatížení železniční dopravou reprezentovaného Modelem zatížení 71 včetně dynamických účinků.

Zatížitelnost stanovíme pro dolní vlákna nosné konstrukce.

Uvažujeme sestavu zatížení gr12. U charakteristické kombinace jako hlavní proměnné zatížení uvažujeme zatížení dopravou, větrem a teplotními změnami. U časté kmbinace uvažujeme jako Qk1 pouze zatížení dopravou, protože v ostatních dvou případech je součinitel kombinace u zatížení dopravou roven nule.

Podrobnosti jsou uloženy u zpracovatele výpočtu, zde je uveden přehled výsledků:

Poloha	Staničení	UP	PR	KZ
Celo	0,000	0,000	0,000	0,000
Osa uložení	1,150	0,000	0,000	0,000
	1,150	0,000	0,000	0,000
0	2,530	4,445	4,037	4,032
	2,530	3,874	3,502	3,498
0	3,980	2,404	2,117	2,113
	3,980	2,276	1,997	1,994
0	5,430	1,884	1,617	1,614
	5,430	1,713	1,461	1,458
0	6,880	1,663	1,395	1,391
	6,880	1,839	1,555	1,552
0	9,970	1,627	1,339	1,336
	9,970	1,627	1,339	1,336
	13,060	1,479	1,199	1,196
	13,060	1,479	1,199	1,196
Střed rozpětí	16,150	1,494	1,213	1,210
	16,150	1,494	1,213	1,210
0	19,240	1,479	1,199	1,196
	19,240	1,479	1,199	1,196
	22,330	1,627	1,339	1,336
	22,330	1,627	1,339	1,336
0	25,420	1,839	1,555	1,552
	25,420	1,663	1,395	1,391
0	26,870	1,713	1,461	1,458
	26,870	1,884	1,617	1,614
0	28,320	2,276	1,997	1,994
	28,320	2,404	2,117	2,113
0	29,770	3,874	3,502	3,498
	29,770	4,445	4,037	4,032
Osa uložení	31,150	0,000	0,000	0,000
	31,150	0,000	0,000	0,000
Celo	32,300	0,000	0,000	0,000
Minimum		1,479	1,199	1,196
Minimum celkem		1,196		



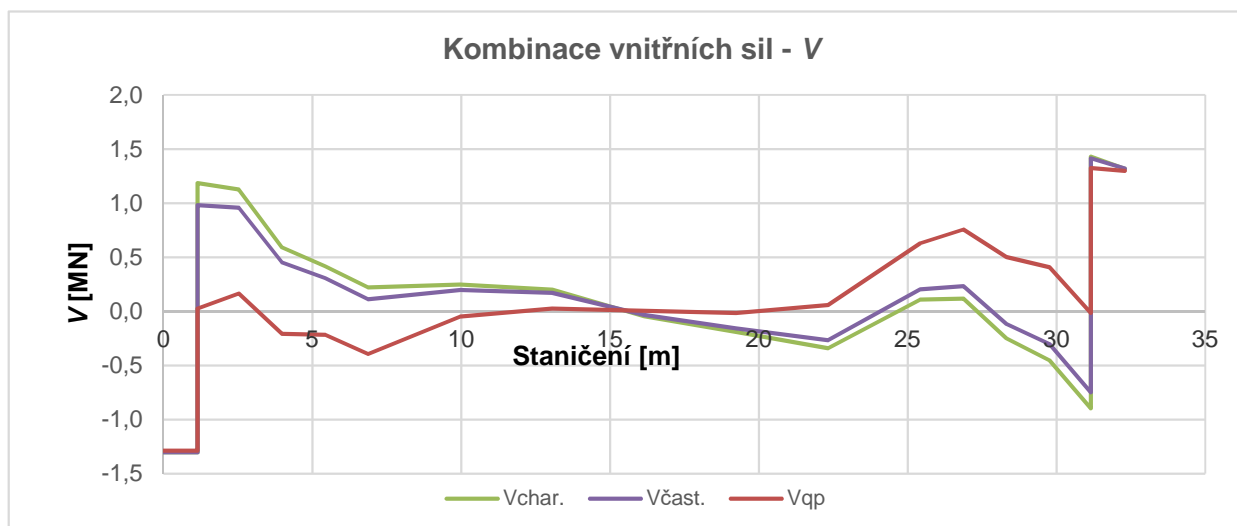
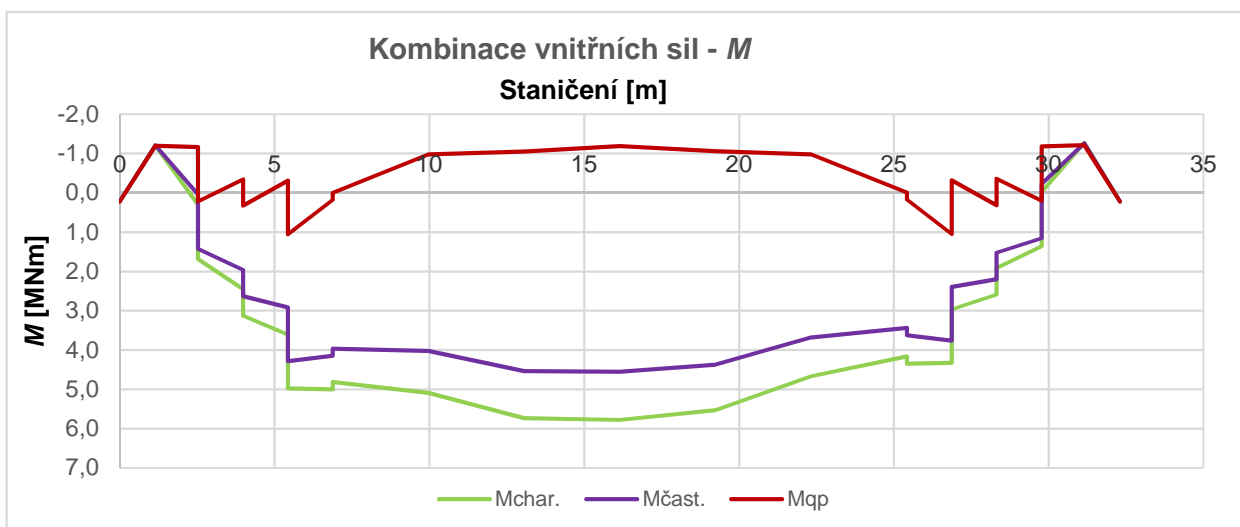
8.3. OMEZENÍ TRHLIN - SMYK

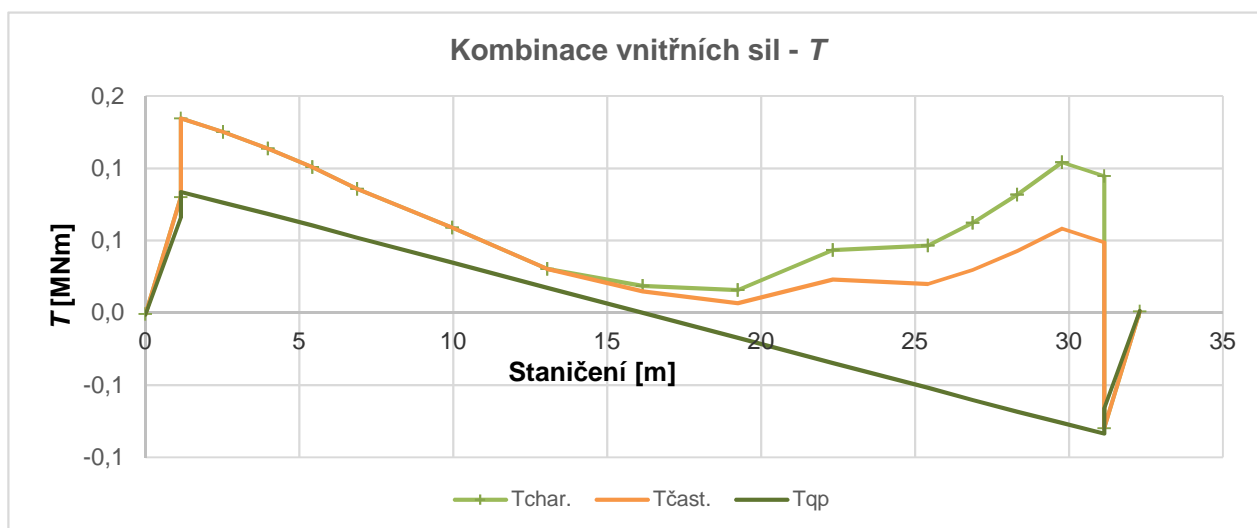
8.3.1. KOMBINACE VNITŘNÍCH SIL - MAXIMÁLNÍ SMYK A KROUCENÍ U LEVÉ PODPORY

Zatěžovací stavy pro kombinace jsou vybrány tak, aby vyvozovaly největší smyk a kroucení u levé podpory. Vzhledem k povaze případu jako hlavní proměnné zatížení uvažujeme zatížení dopravou.

V prvním kroku je provedeno posouzení pro kombinace s použitím 1,0-násobku účinků Modelu zatížení 71. Následně je iteračním postupem stanovena hodnota zatížitelnosti.

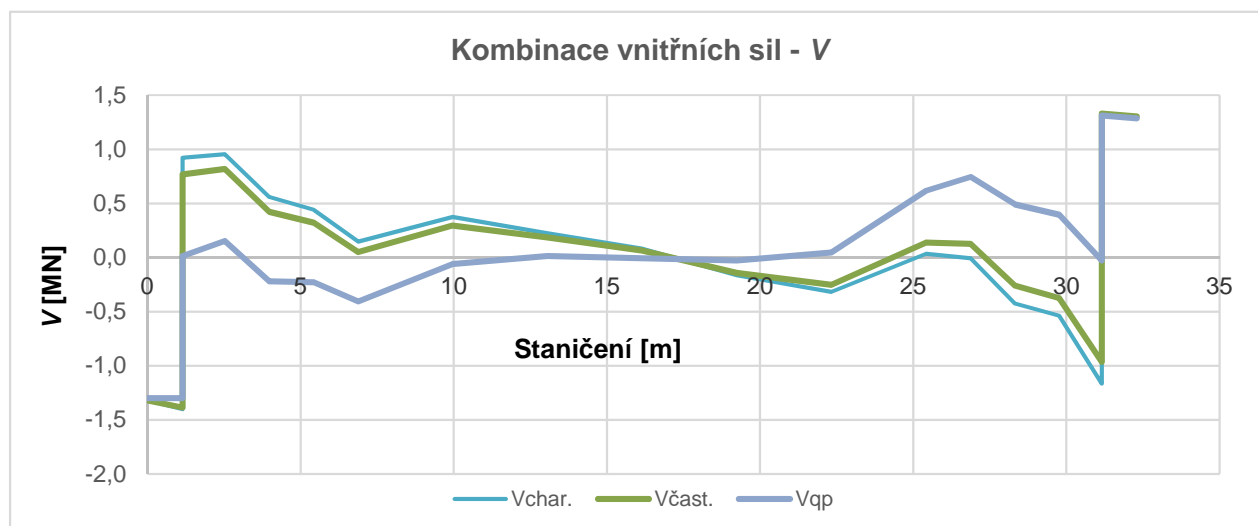
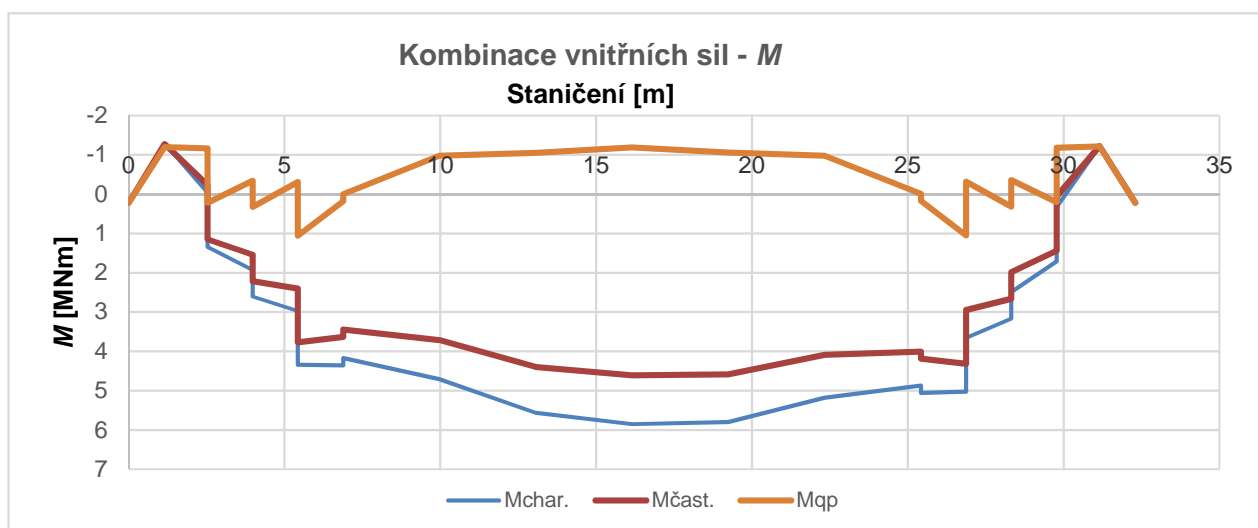
Posouzení provedeme v čase na konci životnosti.

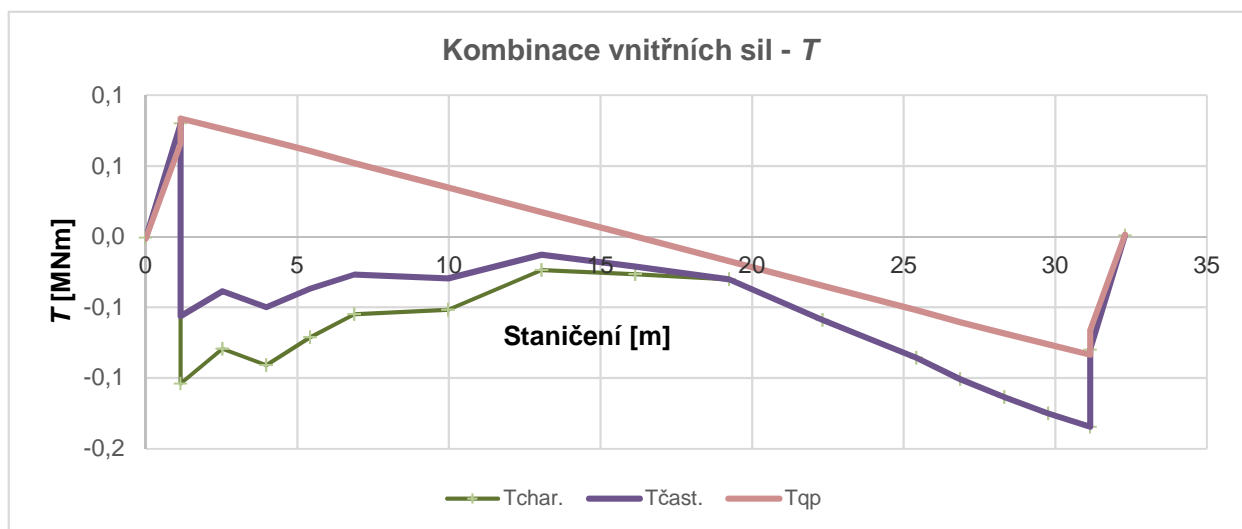




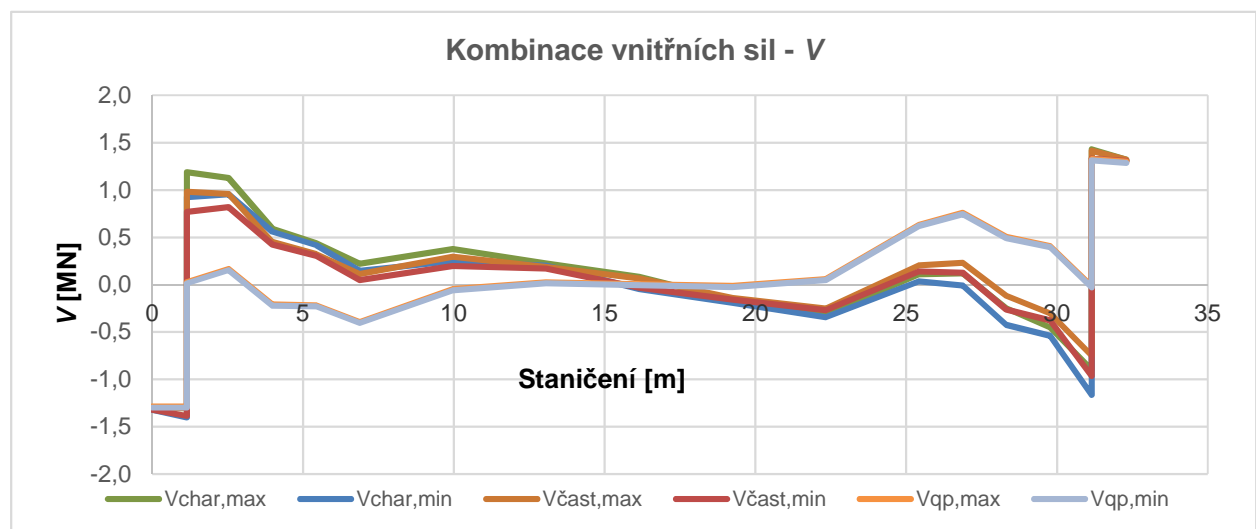
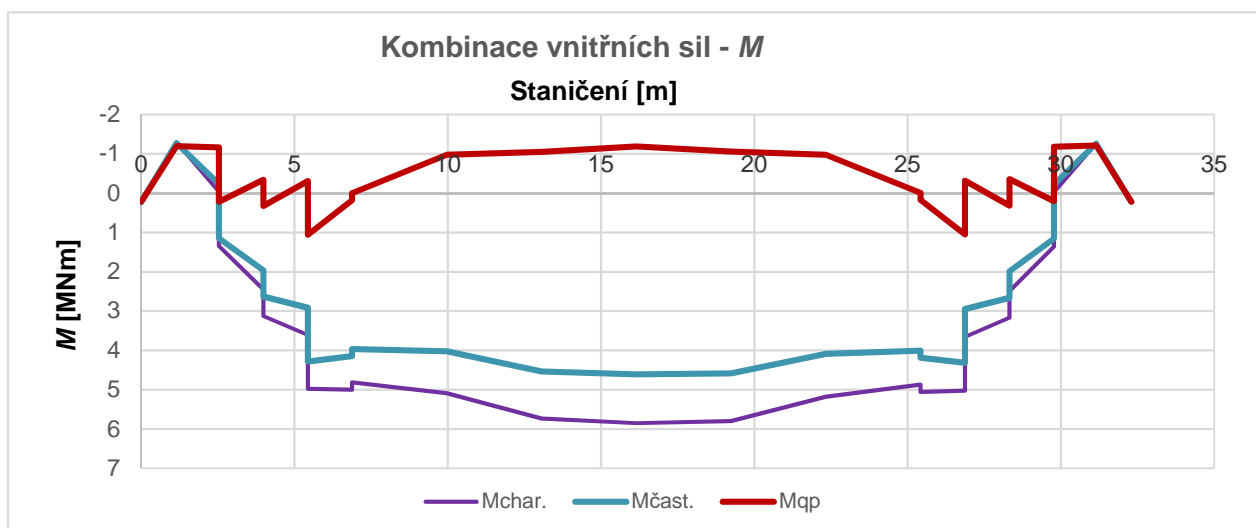
8.3.2. KOMBINACE VNITŘNÍCH SIL - MAXIMÁLNÍ SMYK A KROUCENÍ U PRAVÉ PODPORY

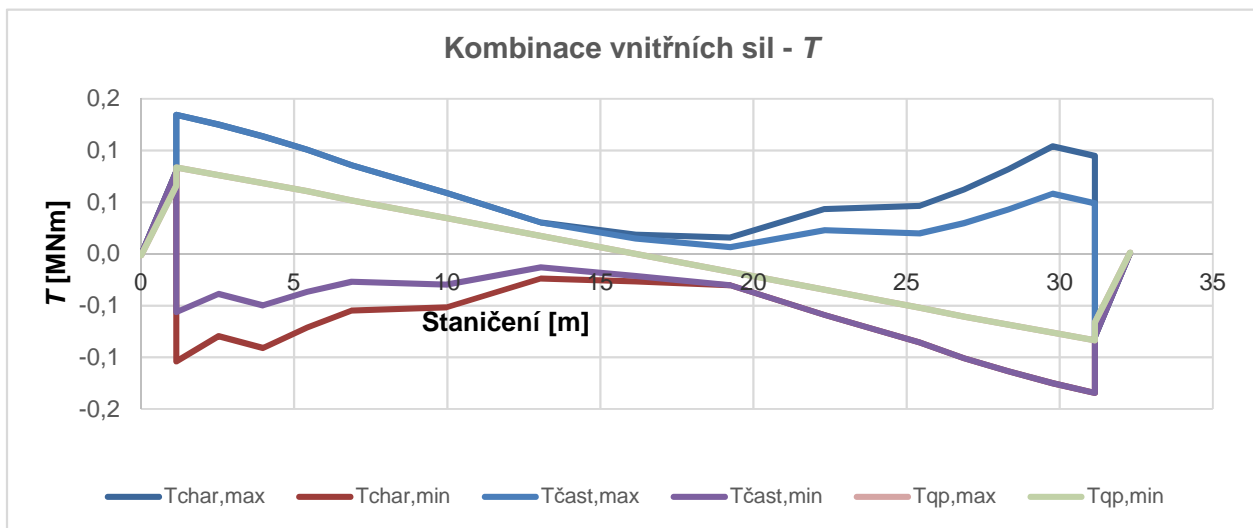
Zatěžovací stavy pro kombinace jsou vybrány tak, aby vyvozovaly největší smyk a kroucení u pravé podpory.





8.3.3. PŘEHLED KOMBINACÍ - EXTRÉMY SMYKU A KROUCENÍ U LEVÉ I PRAVÉ PODPORY





8.3.4. POSOUZENÍ

Posouzení je provedeno pro obálku vnitřních sil s uvažováním maximálních u levé i pravé podpory.

V rámci posouzení se porovná hodnota hlavního tahu s tzv. směrově závislou pevností betonu v tahu.

Hlavní napětí:

$$s_{1,2} = \frac{s_x + s_z}{2} \pm \sqrt{\left(\frac{s_x - s_z}{2}\right)^2 + (t_z + t_T)^2}$$

Směrově závislá pevnost betonu v tahu f_{ctb} se vypočte ze vztahu:

$$f_{ctb} = \frac{f_{ctk;0,05}}{1 - 0,8 \cdot \frac{s_3}{f_{ck}}}$$

, kde:

f_{ctb} je pevnost betonu v tahu před vznikem trhlin při dvouosé napjatosti,

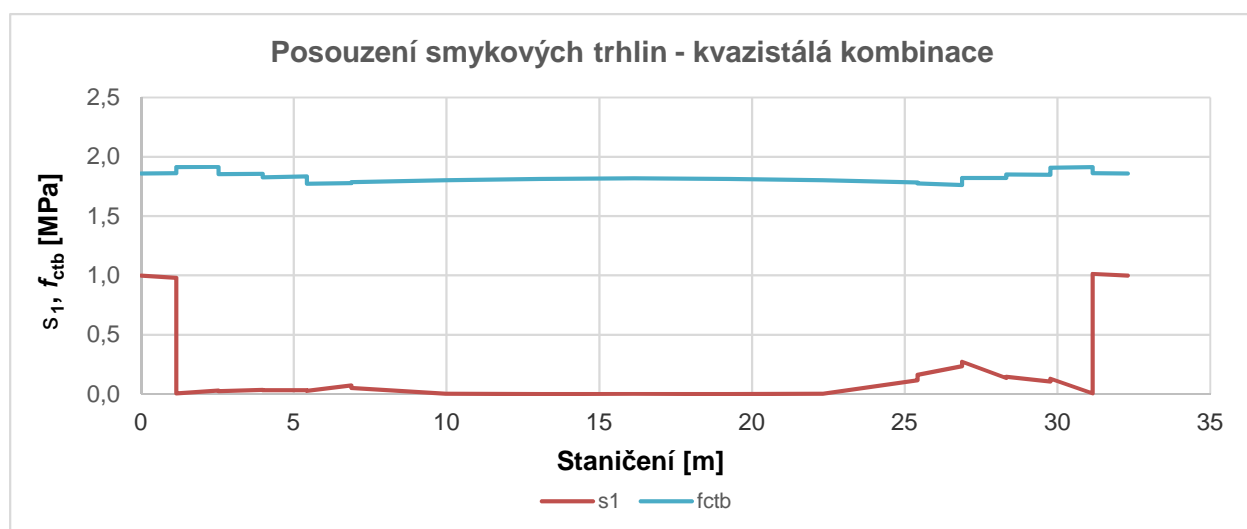
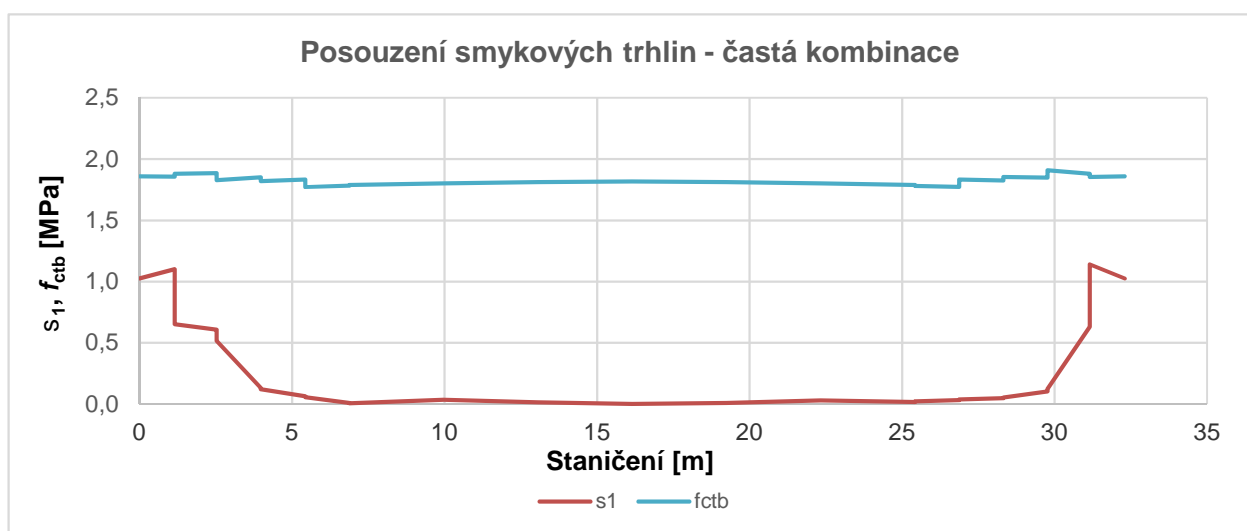
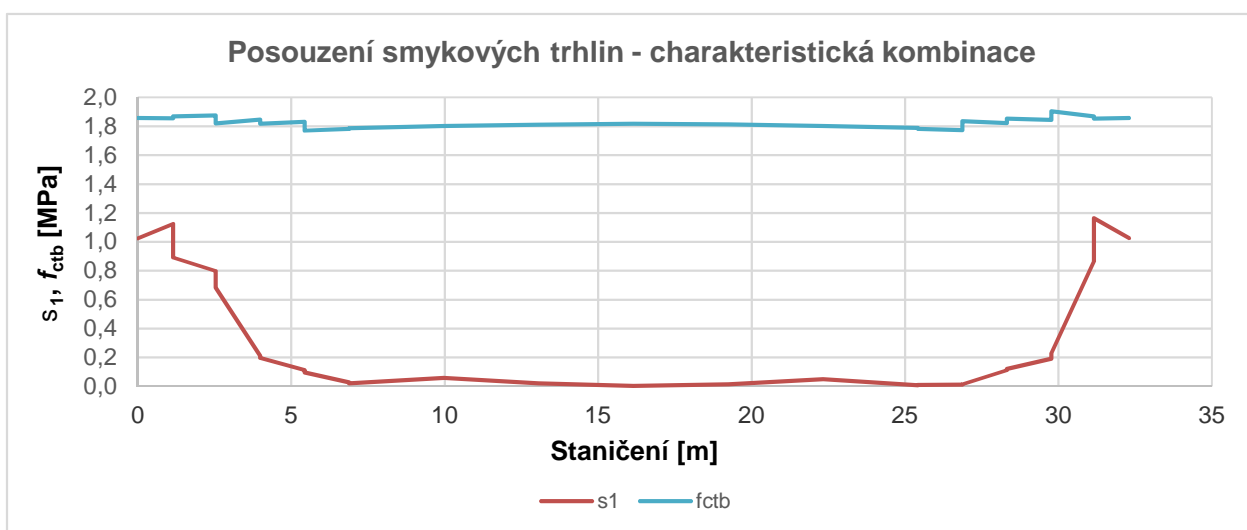
s_3 je větší hlavní napětí v tlaku, dosazené kladnou hodnotou, $s_3 < 0,6f_{ck}$.

Větší hlavní napětí v tahu s_1 ve stěně se porovná s odpovídající pevností f_{ctb} .

Pokud je $s_1 < f_{ctb}$, má být při návrhu konstrukce navržena minimální výztuž podle [7] a [8], čl. 7.3.2.

Pokud je $s_1 > f_{ctb}$, má být šířka trhlin omezena podle [7] a [8], čl. 7.3.3 nebo se vypočte a ověří podle čl. 7.3.4 a 7.3.1 se zohledněním úhlu sevřeného směrem hlavního napětí se směrem výztuže.

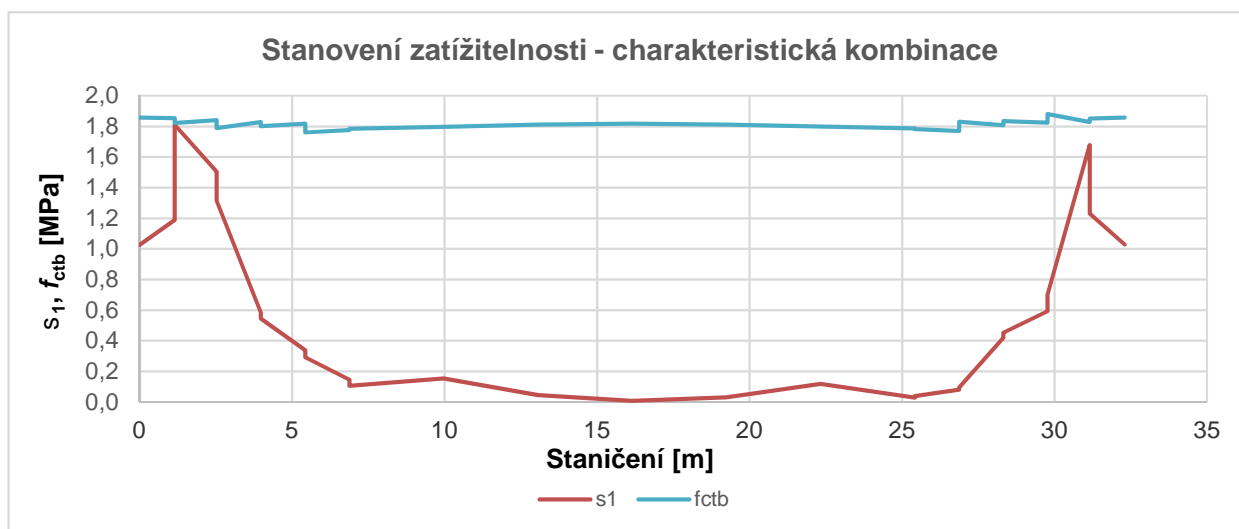
Přehled hodnot pro kombinace s uvažováním 1,0-násobku Modelu zatížení 71:



Zatížitelnost stanovíme iteračním postupem z podmínky, že při charakteristické kombinaci platí:

$$s_1 = f_{ctb}$$

Zatížitelnost ... Z_{UIC} = 1,58



8.4. OMEZENÍ SVISLÝCH PRŮHYBŮ

Z hlediska bezpečnosti dopravy nemá pro všechna uspořádání konstrukce, zatížené klasifikovaným charakteristickým svislým zatížením podle EN 1991-2 (a tam, kde se požaduje, klasifikovaným zatížením SW/0 a SW/2), nemá maximální celkový průhyb od kolejového zatížení měřený podél libovolné koleje přesáhnout hodnotu:

$$\frac{L}{600} = \frac{30000}{600} = 50,00 \text{ mm} \quad (\text{podle [2] , Příloha A2})$$

Zatížitelnost se stanoví podle následujícího vztahu:

$$Z_{LM71} = (d_{lim} - Sd_{rs,i})/d_{LM71}, \text{ kde:}$$

d_{lim} je mezní hodnota přetvoření podle kritéria příslušného mezního stavu použitelnosti,

d_{LM71} je hodnota přetvoření vyvolaná svislým proměnným zatížením železniční dopravou, reprezentovaným Modelem zatížení 71 (podle povahy kritéria i včetně dynamických vlivů),

$Sd_{rs,i}$ jsou hodnoty přetvoření od ostatních relevantních zatížení, která působí současně se svislým proměnným zatížením železniční dopravou v případě, že nebyly eliminovány vnějším zásahem (například nadvýšením nosné konstrukce).

Svislé zatížení železniční dopravou v každé koleji se u daného typu konstrukce rozděluje mezi dva prefabrikované nosníky, které jsou pod kolejí umístěny. Konkrétní část zatížení přenášená každým nosníkem závisí na vzájemné poloze nosníků a koleje a pokud je kolej ve směrovém oblouku, i na jejím zakřivení. Výpočet průhybu proto provedeme mírně zjednodušeným způsobem tak, že průhyb bude spočítán nikoliv z působícího zatížení, ale z ohybového momentu uprostřed rozpětí.

Moment od klasifikovaného zatížení uprostřed rozpětí:

$$a.F_2.M_{LM71} = 1,00 \quad 1,09 \quad 7,147 = 7,811 \text{ MNm}$$

Vliv odstředivé síly i brzdných a rozjezdových sil je z tohoto hlediska zanedbatelný.

Použijeme vztah pro výpočet průhybu od spojitého rovnoměrného zatížení:

$$d_{LM71} = \frac{5}{384} \frac{q \cdot L^4}{E \cdot I} = \frac{5}{48} \frac{M \cdot L^2}{E \cdot I} =$$

$$= \frac{5}{48} \frac{7,8E+09}{34000,0} \frac{30000,0^2}{7,5E+11} = 28,83 \text{ mm}$$

$$Z_{LM71} = \frac{50,00}{28,83} = 1,734$$

8.5. POOTOČENÍ PODPOROVÝCH PRŮŘEZŮ

Průhybovou čáru nosníku nahradíme parabolou druhého stupně s rovnicí $y = A.x^2 + B.x + C$.

Uprostřed rozpětí uvažujeme maximální průhyb od klasifikovaného zatížení dopravou podle kap. 8.4.

$$x = 0,000 \text{ m:}$$

$$A \cdot 0,000^2 + B \cdot 0,000 + C = 0,000$$

$$C = 0,000$$

$$x = 15,000 \text{ m:}$$

$$A \cdot 15,000^2 + B \cdot 15,000 + 0,000 = 0,0288$$

$$A = \frac{0,0288 - B \cdot 15,000}{225,000}$$

$$x = 30,000 \text{ m:}$$

$$A \cdot 30,000^2 + B \cdot 30,000 + 0,000 = 0,0000$$

$$\frac{0,0288 - B \cdot 15,000}{225,000} \cdot 30,000^2 + B \cdot 30,000 + 0,000 = 0,0000$$

$$0,11531 - B \cdot 60,000 + B \cdot 30,000 + 0,000 = 0,0000$$

$$-30,000 B + 0,11531 = 0,0000$$

$$B = 0,003844$$

$$A = \frac{0,0288 - 0,003844 \cdot 15,000}{225,000} = -0,00013$$

Rovnice paraboly:

$$-0,00013 x^2 + 0,00384 x + 0,000 = y$$

Směrnice tečny v koncovém bodě - derivace rovnice paraboly:

$$y' = 2 \cdot -0,00013 x + 0,003844$$

$$y' = -0,00026 x + 0,003844$$

Výpočet pro $x = 0,000$:

$$y' = -0,00026 \cdot 0,000 + 0,003844 = 0,003844 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow Q = 0,003844 \text{ rad}$$

Výpočet pro $x = 30,000$:

$$y' = -0,00026 \cdot 30,000 + 0,003844 = -0,00384 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow |Q| = 0,003844 \text{ rad}$$

Maximální spočítané pootočení koncového průřezu:

$$Q_{\max} = 0,003844 \text{ rad}$$

Maximální přípustná hodnota koncového pootočení dle [1] : $Q_{\lim} = 0,0065 \text{ rad}$

(uvažujeme limitní hodnotu pro jednokolejné mosty, protože zatížení druhé koleje se na posuzovaném nosníku při daném uspořádání nosné konstrukce prakticky neprojeví; dle [2] , Příloha A2 uvažujeme klasifikované svislé zatížení železniční dopravou - Modelem zatížení 71)

Stanovení zatížitelnosti:

$$Z_{LM71} = \frac{0,0065}{0,00384} = 1,691$$

(uvažujeme případ přechodu nosné konstrukce na zemní těleso)

8.6. ZKROUCENÍ HLAVNÍ NOSNÉ KONSTRUKCE

Podle [2] se zkroucení hlavní nosné konstrukce stanoví na základě charakteristických hodnot Modelu zatížení 71, dále Modelu zatížení SW/0 nebo SW/2, které jsou násobeny součiniteli F_a a F_{od} od Modelu zatížení HSLM včetně odstředivých sil podle [6] .

Zkroucení se stanoví v ose koleje na délce 3 m. Při rozchodu koleje $s=1435 \text{ mm}$ a při rychlosti $V \leq 120 \text{ km/h}$ je maximální přípustná hodnota relativního poklesu jednoho vrcholu takto získaného obdélníku:

$$t_{\lim} = 4,5 \text{ mm.}$$

U konstrukce daného typu, kdy zatížení z každé koleje se přenáší na dva nepropojené podélné prefabrikované nosníky, je zkroucení koleje dáno zkroucením jednotlivých nosníků a rozdílem průhybu těchto nosníků. Vzhledem k tomu, že nosníky jsou komorové, předpokládáme, že jejich vlastní zkroucení lze z tohoto hlediska zanedbat (zkroucení nosníků působí proti sobě a z podstatné části se tedy navíc vzájemně vyruší).

Maximální ohybový moment na nosníku bez uvažování příčného roznášení (tzn. kompletní Model zatížení 71 působí na jeden nosník):

$$a \cdot M_{LM71, \text{celk.}} = 1,00 \cdot 12,070 = 12,070 \text{ MNm}$$

Maximální ohybový moment na posuzovaném nosníku:

$$a \cdot M_{LM71,1} = 1,00 \cdot 7,147 = 7,147 \text{ MNm}$$

Maximální ohybový moment na druhém nosníku zatěžovaném stejnou kolejí:

$$a \cdot M_{LM71,2} = 12,070 - 7,147 = 4,923 \text{ MNm}$$

Ohybové momenty - svislé přetížení odstředivou silou:

$$\begin{array}{llllllll} \text{v posuzovaném nosníku ...} & a \cdot M_{LM71,1} & = & 1,00 & 0,028 & = & 0,028 & \text{MNm} \\ \text{ve druhém nosníku ...} & a \cdot M_{LM71,2} & = & -1,00 & 0,028 & = & -0,028 & \text{MNm} \end{array}$$

(vzhledem k uspořádání konstrukce předpokládáme, že tyto účinky působí jako dvojice sil)

Ohybové momenty na jednotlivé nosníky celkem, včetně dynamických účinků:

$$\begin{array}{llllllll} a \cdot F_i \cdot M_{LM71,1} = & 1,09 & (& 7,147 & + & 0,028 &) & = & 7,842 & \text{MNm} \\ a \cdot F_i \cdot M_{LM71,2} = & 1,09 & (& 4,923 & + & -0,028 &) & = & 5,350 & \text{MNm} \end{array}$$

Výpočet pro více zatížený nosník:

$$\text{Průhyb ... } d_{LM71} = \frac{5}{48} \frac{M \cdot L^2}{E \cdot I} = \frac{5}{48} \frac{7,8E+09}{34000,0} \frac{30000,0^2}{7,5E+11} = 28,94 \text{ mm}$$

Rovnice průhybové čáry (náhrada parabolou) a pootočení v koncovém průřezu:

$$A \cdot x^2 + B \cdot x + C = y$$

$$x = 0,000 \text{ m:}$$

$$\begin{array}{llllllllll} A & 0,000^2 & + & B & 0,000 & + & C & = & 0,000 \\ & & & & & & C & = & 0,000 \end{array}$$

$$x = 15,000 \text{ m:}$$

$$A \cdot 15,000^2 + B \cdot 15,000 + 0,000 = 0,0289$$

$$A = \frac{0,0289 - B \cdot 15,000}{225,000}$$

$$x = 30,000 \text{ m:}$$

$$A \cdot 30,000^2 + B \cdot 30,000 + 0,000 = 0,0000$$

$$\frac{0,0289 - B \cdot 15,000}{225,000} \cdot 30,000^2 + B \cdot 30,000 + 0,000 = 0,0000$$

$$\begin{array}{llllllllll} 0,11576 & - & B & 60,000 & + & B & 30,000 & + & 0,000 & = \\ & & & & & & & & & = & 0,0000 \end{array}$$

$$-30,000 \cdot B + 0,11576 = 0,0000$$

$$B = 0,003859$$

$$A = \frac{0,0289 - 0,003859 \cdot 15,000}{225,000} = -0,00013$$

Rovnice paraboly:

$$\underline{-0,00013 \quad x^2 + 0,0039 \quad x + 0,000 = y}$$

Směrnice tečny v koncovém bodě - derivace rovnice paraboly:

$$y' = 2 \cdot -0,00013 \quad x + 0,003859$$

$$\underline{y' = -0,00026 \quad x + 0,003859}$$

Výpočet pro $x = 0,000$:

$$y' = -0,00026 \quad 0,000 + 0,003859 = 0,003859 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow Q = 0,003859 \text{ rad}$$

Výpočet pro $x = 30,000$:

$$y' = -0,00026 \quad 30,000 + 0,003859 = -0,00386 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow |Q| = 0,003859 \text{ rad}$$

Maximální spočítané pootočení koncového průřezu:

$$Q_{\max} = 0,003859 \text{ rad}$$

Největší podélný sklon průhybové čáry se vyskytuje na konci nosné konstrukce - uvažujeme stejný podélný sklon průhybové čáry jako pootočení koncového průřezu, tzn. ... $Q_{\max} = 0,003859 \text{ rad}$

Průhyb nosníku ve vzdálenosti 3 m od osy uložení ...

$$d_{3m} = 3000 \quad \text{tg} \quad 0,003859 = 11,58 \text{ mm}$$

Výpočet pro méně zatížený nosník:

$$\text{Průhyb ... } d_{LM71} = \frac{5}{48} \frac{M.L^2}{E.I} = \frac{5}{48} \frac{5,3E+09 \quad 30000,0^2}{34000,0 \quad 7,5E+11} = 19,74 \text{ mm}$$

Rovnice průhybové čáry (náhrada parabolou) a pootočení v koncovém průřezu:

$$A.x^2 + B.x + C = y$$

$$\underline{x = 0,000 \text{ m:}}$$

$$A \quad 0,000^2 + B \quad 0,000 + C = 0,000$$

$$C = 0,000$$

$$x = 15,000 \text{ m:}$$

$$A \quad 15,000^2 + B \quad 15,000 + 0,000 = 0,0197$$

$$A = \frac{0,0197 - B \quad 15,000}{225,000}$$

$$x = 30,000 \text{ m:}$$

$$A \quad 30,000^2 + B \quad 30,000 + 0,000 = 0,0000$$

$$\frac{0,0197 - B \quad 15,000}{225,000} \quad 30,000^2 + B \quad 30,000 + 0,000 =$$

$$= 0,0000$$

$$0,07897 - B \quad 60,000 + B \quad 30,000 + 0,000 =$$

$$= 0,0000$$

$$-30,000 \quad B + 0,07897 = 0,0000$$

$$B = 0,002632$$

$$A = \frac{0,0197 - 0,002632 \quad 15,000}{225,000} = -8,8E-05$$

Rovnice paraboly:

$$-8,8E-05 \quad x^2 + 0,0026 \quad x + 0,000 = y$$

Směrnice tečny v koncovém bodě - derivace rovnice paraboly:

$$y' = 2 \quad -8,8E-05 \quad x + 0,002632$$

$$y' = -0,00018 \quad x + 0,002632$$

Výpočet pro $x = 0,000$:

$$y' = -0,00018 \quad 0,000 + 0,002632 = 0,002632 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow Q = 0,002632 \text{ rad}$$

Výpočet pro $x = 30,000$:

$$y' = -0,00018 \quad 30,000 + 0,002632 = -0,00263 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow |Q| = 0,002632 \text{ rad}$$

Maximální spočítané pootočení koncového průřezu:

$$Q_{\max} = 0,002632 \text{ rad}$$

Největší podélný sklon průhybové čáry se vyskytuje na konci nosné konstrukce - uvažujeme stejný podélný

sklon průhybové čáry jako pootočení koncového průřezu, tzn. ... $Q_{\max} = 0,002632 \text{ rad}$

Průhyb nosníku ve vzdálenosti 3 m od osy uložení ...

$$d_{3m} = 3000 \cdot \operatorname{tg} 0,002632 = 7,90 \text{ mm}$$

Výpočet zkroucení koleje:

Rozdíl průhybů jednotlivých nosníků budeme přibližně uvažovat ve vzdálenosti rozchodu, tzn. 1435 mm; potom ...

$$t_{LM71} = 11,58 - 7,90 = 3,68 \text{ mm}$$

Zatížitelnost stanovená na základě zkroucení koleje:

$$Z_{LM71} = \frac{4,50}{3,68} = 1,223$$

8.7. VODOROVNÉ DEFORMACE NOSNÉ KONSTRUKCE

Podle [2] se příčné přetvoření (a případně i kmitání) ověřuje pro charakteristickou kombinaci Modelu zatížení 71, případně SW/0, vynásobených dynamickým součinitelem F a součinitelem a (nebo skutečného vlaku s příslušným dynamickým součinitelem, pokud to připadá v úvahu), se zatížením větrem, bočním rázem, odstředivou silou a s účinkem rozdílu teplot v příčném směru mostu.

Příčný posun d_h horního povrchu hlavní nosné konstrukce má být omezen tak, aby bylo zajištěno, že:

- vodorovný úhel pootočení konce hlavní nosné konstrukce kolem svislé osy není větší než hodnoty uvedené v tabulce A2.8 ve [2] ; v daném případě ...

$$V = 75,0 \text{ km/h} < 120,0 \text{ km/h} \Rightarrow a_{\lim} = a_1 = 0,0035$$

- změna poloměru koleje podél hlavní nosné konstrukce mostu není větší než hodnoty v uvedené tabulce A2.8:

$$V = 75,0 \text{ km/h} < 120,0 \text{ km/h} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow r_{\lim} = r_1 = 1700,0 \text{ m (platí pro nosník o jednom poli)}$$

Příčné přetvoření zahrnuje přetvoření nosné konstrukce mostu a spodní stavby (včetně podpěr, pilot a základů); vzhledem k uspořádání konstrukce deformace spodní stavby zanedbáme a budeme počítat s deformací hlavní nosné konstrukce.

8.7.1. Odstředivá síla

$$\text{Průhyb ... } d_{LM71} = \frac{5}{48} \frac{M.L^2}{E.I} = \frac{5}{48} \frac{1,1E+07}{34000,0} \frac{30000,0^2}{7,5E+11} = 0,040 \text{ mm}$$

Rovnice průhybové čáry (náhrada parabolou) a pootočení v koncovém průřezu:

$$A.x^2 + B.x + C = y$$

$$x = 0,000 \text{ m:}$$

$$\begin{aligned} A \cdot 0,000^2 + B \cdot 0,000 + C &= 0,000 \\ C &= 0,000 \end{aligned}$$

$$x = 15,000 \text{ m:}$$

$$\begin{aligned} A \cdot 15,000^2 + B \cdot 15,000 + 0,000 &= 0,000040 \\ A = \frac{0,0000 - B \cdot 15,000}{225,000} \end{aligned}$$

$$x = 30,000 \text{ m:}$$

$$\begin{aligned} A \cdot 30,000^2 + B \cdot 30,000 + 0,000 &= 0,0000 \\ \frac{0,0000 - B \cdot 15,000}{225,000} \cdot 30,000^2 + B \cdot 30,000 + 0,000 &= 0,0000 \\ 0,00016 - B \cdot 60,000 + B \cdot 30,000 + 0,000 &= 0,0000 \\ -30,000 B + 0,00016 &= 0,0000 \\ B &= 5,35E-06 \\ A = \frac{0,0000 - 5,35E-06 \cdot 15,000}{225,000} &= -1,8E-07 \end{aligned}$$

Rovnice paraboly:

$$-1,8E-07 x^2 + 0,0000 x + 0,000 = y$$

Směrnice tečny v koncovém bodě - derivace rovnice paraboly:

$$y' = 2 \cdot -1,8E-07 x + 5,35E-06$$

$$y' = -3,6E-07 x + 5,35E-06$$

Výpočet pro $x = 0,000$:

$$y' = -3,6E-07 \cdot 0,000 + 5,35E-06 = 5,35E-06 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow a_h = 5,35E-06 \text{ rad}$$

Výpočet pro $x = 30,000$:

$$y' = -3,6E-07 \cdot 30,000 + 5,35E-06 = -5,4E-06 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow |a_h| = 5,35E-06 \text{ rad}$$

Maximální spočítané pootočení koncového průřezu: $a_{h,max} = 5,35E-06 \text{ rad} = 0,00031^\circ$

Poloměr vodorovného zakřivení:

úhel u průsečíku tečen ...

$$b = 180,0 - 90,0 - 0,00031 = 89,99969^\circ$$

vzdálenost od sečny k průsečíku tečen ...

$$g = 180,0 - 90,0 - 89,99969 = 0,00031^\circ = 5,35E-06 \text{ rad}$$

$$\text{tg}g = \frac{v}{15,000} \Rightarrow v = 15,000 \cdot \text{tg} 5,35E-06 = 8,03E-05 \text{ m}$$

délka tečny ...

$$\text{sing} = \frac{v}{t} \Rightarrow t = \frac{0,0000803}{\sin 5,35E-06} = 1,50E+01 \text{ m}$$

poloměr směrového zakřivení:

$$\text{tga} = \frac{t}{R} \Rightarrow R = \frac{15,0000000}{\text{tg} 5,35E-06} = 2,80E+06 \text{ m}$$

Hodnoty od klasifikovaného zatížení včetně dynamických účinků:

$$F \cdot a_{h,max} = 1,09 \cdot 1,00 \cdot 5,35E-06 = 5,85E-06 \text{ rad}$$

$$F \cdot a \cdot R = 1,09 \cdot 1,00 \cdot 2,80E+06 = 3,06E+06 \text{ m}$$

8.7.2. ZATÍŽENÍ VĚTREM

$$\text{Průhyb ... } d_w = \frac{5}{48} \frac{M \cdot L^2}{E \cdot I} = \frac{5}{48} \frac{6,8E+08}{34000,0} \frac{30000,0^2}{7,5E+11} = 2,499 \text{ mm}$$

Rovnice průhybové čáry (náhrada parabolou) a pootočení v koncovém průřezu:

$$A \cdot x^2 + B \cdot x + C = y$$

$$x = 0,000 \text{ m:}$$

$$A \cdot 0,000^2 + B \cdot 0,000 + C = 0,000$$

$$C = 0,000$$

$$x = 15,000 \text{ m:}$$

$$A \cdot 15,000^2 + B \cdot 15,000 + 0,000 = 0,002499$$

$$A = \frac{0,0025 - B \cdot 15,000}{225,000}$$

$$x = 30,000 \text{ m:}$$

$$A \cdot 30,000^2 + B \cdot 30,000 + 0,000 = 0,0000$$

$$\frac{0,0025 - B \cdot 15,000}{225,000} \cdot 30,000^2 + B \cdot 30,000 + 0,000 = 0,0000$$

$$0,00999 - B \cdot 60,000 + B \cdot 30,000 + 0,000 = 0,0000$$

$$= 0,0000$$

$$-30,000 \cdot B + 0,00999 = 0,0000$$

$$B = 0,000333$$

$$A = \frac{0,0025 - 0,000333 \cdot 15,000}{225,000} = -1,1E-05$$

Rovnice paraboly:

$$-1,1E-05 \cdot x^2 + 0,0003 \cdot x + 0,000 = y$$

Směrnice tečny v koncovém bodě - derivace rovnice paraboly:

$$y' = 2 \cdot -1,1E-05 \cdot x + 0,000333$$

$$y' = -2,2E-05 \cdot x + 0,000333$$

Výpočet pro $x = 0,000$:

$$y' = -2,2E-05 \cdot 0,000 + 0,000333 = 0,000333 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow a_h = 0,000333 \text{ rad}$$

Výpočet pro $x = 30,000$:

$$y' = -2,2E-05 \cdot 30,000 + 0,000333 = -0,00033 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow |a_h| = 0,000333 \text{ rad}$$

Maximální spočítané pootočení koncového průřezu: $a_{h,\max} = 0,000333 \text{ rad} = 0,01909^\circ$

Poloměr vodorovného zakřivení:

úhel u průsečíku tečen ...

$$b = 180,0 - 90,0 - 0,01909 = 89,98091^\circ$$

vzdálenost od sečny k průsečíku tečen ...

$$g = 180,0 - 90,0 - 89,98091 = 0,01909^\circ = 3,33E-04 \text{ rad}$$

$$tg g = \frac{v}{15,000} \Rightarrow v = 15,000 \cdot tg \ 3,33E-04 = 5,00E-03 \text{ m}$$

délka tečny ...

$$sing = \frac{v}{t} \Rightarrow t = \frac{0,0049973}{\sin \ 3,33E-04} = 1,50E+01 \text{ m}$$

poloměr směrového zakřivení:

$$tga = \frac{t}{R} \Rightarrow R = \frac{15,0000008}{tg \ 3,33E-04} = 4,50E+04 \text{ m}$$

Přehled výsledků od zatížení větrem:

$$a_{h,W} = 3,33E-04 \text{ rad}$$

$$R_W = 4,50E+04 \text{ m}$$

8.7.3. VODOROVNÉ ÚČINKY ZMĚNY TEPLOTY

Šířka prefabrikovaného nosníku ... 2,120 m

Rozdíl teploty na levém a pravém okraji jednoho nosníku ... 1,250 °C

Součinitel teplotní délkové roztažnosti ... 0,000010 K⁻¹

Změna poměrného přetvoření vlivem změny teploty ...

$$e_{DT} = 0,000010 \cdot 1,250 = 1,25E-05$$

Vodorovná křivost v průřezu ... $r_{DT} = \frac{1,25E-05}{2,120} = 5,9E-06$

Změna délky hrany nosníku vlivem teploty na 1 m délky ...

$$DL = 1,25E-05 \cdot 1,0 = 1,25E-05 \text{ m/m}$$

Rozdíl délky vnější a vnitřní hrany nosníku vlivem teploty ...

$$SDL = 1,25E-05 \cdot 30,000 = 0,000375 \text{ m}$$

Vodorovné pootočení na délku rozpětí nosníku ...

$$a = \frac{1,25E-05 \cdot 30,000}{2,120} = 0,000177 \text{ rad} = 0,010135^\circ = \text{středový úhel oblouku}$$

Poloměr vodorovného zakřivení:

úhel u průsečíku tečen ...

$$b = 180,0 - 90,0 - \frac{0,010135}{2} = 89,99493^\circ$$

vzdálenost od sečny k průsečíku tečen ...

$$g = 180,0 - 90,0 - 89,99493 = 0,00507^\circ = 8,84E-05 \text{ rad}$$

$$\text{tg} g = \frac{v}{15,000} \Rightarrow v = 15,000 \cdot \text{tg } 8,84E-05 = 1,33E-03 \text{ m}$$

délka tečny ...

$$\text{sing} = \frac{v}{t} \Rightarrow t = \frac{0,0013267}{\sin 8,84E-05} = 1,50E+01 \text{ m}$$

poloměr směrového zakřivení:

$$\text{tg}(a/2) = \frac{t}{R} \Rightarrow R = \frac{15,000}{\text{tg } 8,84E-05} = 169600,0 \text{ m}$$

Přehled výsledků od zatížení teplotou:

$$a_{h,DT} = 8,84E-05 \text{ rad} \qquad R_{DT} = 1,70E+05 \text{ m}$$

8.7.4. SOUČET ÚČINKŮ A STANOVENÍ ZATÍŽITELNOSTI

	$a_{h,max}$ [rad]	R [m]
Odstředivá síla	5,85E-06	3,06E+06
Vítr	3,33E-04	4,50E+04
Teplota	8,84E-05	1,70E+05
Celkem	0,00043	3,28E+06
Přípustné hodnoty	0,0035	1700,0
Z_{LM71}	526,21	Vyhoví

Zatížitelnost vychází vysoká a tento mezní stav nebude rozhodovat; zkroucení komorového nosníku lze zanedbat.

9. ZATÍŽITELNOST NA ZÁKLADĚ MSÚ

Zatížitelnost Z_{LM71} se na základě mezních stavů únosnosti stanoví podle vztahu:

$$Z_{LM71} = (R_d - SE_{rs,Ed,i})/E_{LM71,Ed}, \text{ kde:}$$

- R_d je návrhová hodnota únosnosti průřezu nebo prvku mostního objektu,
 $E_{LM71,Ed}$ je návrhová hodnota účinků svislého proměnného zatížení železniční dopravou, reprezentovaného Modelem zatížení 71 včetně dynamických vlivů,
 $SE_{rs,Ed,i}$ jsou návrhové, kombinační nebo skupinové hodnoty účinků ostatních zatížení, které působí současně se svislým proměnným zatížením železniční dopravou.

Pokud stanovená hodnota zatížitelnosti $Z_{LM71} \leq 1,0$, lze úměrně k této určené zatížitelnosti Z_{LM71} redukovat i ostatní účinky zatížení železniční dopravou, tj. účinky zatížení bočním rázem, rozjezdovými a brzdnými silami a odstředivou silou. Výslednou hodnotu zatížitelnosti Z_{LM71} je třeba v tomto případě určit iterační formou výpočtu.

Stanovení zatížitelnosti provedeme pro čas na konci životnosti a s použitím vztahů pro sestavení kombinací (6.10a) a (6.10b) dle [2] .

Jako hlavní proměnné zatížení budeme postupně uvažovat zatížení železniční dopravou, zatížení větrem a zatížení teplotními změnami.

9.1. OHYB

9.1.1. STANOVENÍ MOMENTU ÚNOSNOSTI M_{Rd}

Moment únosnosti jednotlivých průřezů byl stanoven pomocí vlastního programu v kalkulátoru Excel za následujících předpokladů:

- pro beton byl uvažován návrhový bilineární pracovní diagram dle [7] , obr. 3.4; protože se jedná o komorový průřez, jehož horní deska je při ohybu vystavena téměř prostému tlaku, bylo v krajních tlačných vláknech uvažováno mezní poměrné přetvoření 2,0 promile,
- pro betonářskou a předpínací výztuž byly uvažovány návrhové pracovní diagramy dle [7] , obr. 3.8 a 3.10; byly uvažovány pracovní diagramy s vodorovnou plastickou větví, proto nebylo omezeno maximální poměrné přetvoření,
- výpočet byl proveden v souladu s čl. 6.1 [7] a [8] .

Staničení 1,150

Č.	Název kabelů	Výška nad dolními vlákny [m]	Počet kabelů v průřezu [ks]	Počet drátů/lan v 1 kabelu [ks]	Průměr drátu/lana [mm]	Síla v kabelech (KŽ) [MN]
1	18, 19	0,000	0	0	4,5	0,0000
2	6, 7	0,000	0	0	4,5	0,0000
3	17, 20	0,000	0	0	4,5	0,0000
4	5, 8	0,000	0	0	4,5	0,0000
5	16, 21	0,000	0	0	4,5	0,0000
6	4, 9	0,000	0	0	4,5	0,0000
7	15 až 11	0,918	16	20	4,5	4,2944
8	29 až 13	0,140	18	20	4,5	5,1385
9	XXXXXX					
10	XXXXXX					
						9,4329

$$M_{Rd} = 8,238 \text{ MNm}$$

$$d = 1,026 \text{ m}$$

$$z = 0,822 \text{ m}$$

$$S_{nadNO} = 0,34022 \text{ m}^3$$

Staničení 2,530

Č.	Název kabelů	Výška nad dolními vlákny [m]	Počet kabelů v průřezu [ks]	Počet drátů/lan v 1 kabelu [ks]	Průměr drátu/lana [mm]	Síla v kabelech (KŽ) [MN]
1	18, 19	0,000	0	0	4,5	0,0000
2	6, 7	0,000	0	0	4,5	0,0000
3	17, 20	0,000	0	0	4,5	0,0000
4	5, 8	0,000	0	0	4,5	0,0000
5	16, 21	0,000	0	0	4,5	0,0000
6	4, 9	0,000	0	0	4,5	0,0000
7	15 až 11	0,549	16	20	4,5	4,2653
8	29 až 13	0,149	18	20	4,5	5,0968
9	XXXXXX					
10	XXXXXX					
						9,3620

$$M_{Rd} = 9,939 \text{ MNm}$$

$$d = 1,160 \text{ m}$$

$$z = 0,941 \text{ m}$$

$$S_{nadNO} = 0,35400 \text{ m}^3$$

Staničení 3,980

Č.	Název kabelů	Výška nad dolními vlákny [m]	Počet kabelů v průřezu [ks]	Počet drátů/lan v 1 kabelu [ks]	Průměr drátu/lana [mm]	Síla v kabelech (KŽ) [MN]
1	18, 19	0,000	0	0	4,5	0,0000
2	6, 7	0,000	0	0	4,5	0,0000
3	17, 20	0,000	0	0	4,5	0,0000
4	5, 8	0,000	0	0	4,5	0,0000
5	16, 21	1,012	4	20	4,5	1,0738
6	4, 9	0,738	4	20	4,5	1,0513
7	15 až 11	0,277	16	20	4,5	4,1862
8	29 až 13	0,150	18	20	4,5	5,0294
9	XXXXXX					
10	XXXXXX					
						11,3406

$$M_{Rd} = 10,893 \text{ MNm}$$

$$d = 1,199 \text{ m}$$

$$z = 0,916 \text{ m}$$

$$S_{nadNO} = 0,36530 \text{ m}^3$$

Staničení 5,430

C.	Název kabelů	Výška nad dolními vlákny [m]	Počet kabelů v průřezu [ks]	Počet drátů/lan v 1 kabelu [ks]	Průměr drátu/lana [mm]	Síla v kabelech (KŽ) [MN]
1	18, 19	0,000	0	0	4,5	0,0000
2	6, 7	0,000	0	0	4,5	0,0000
3	17, 20	0,000	0	0	4,5	0,0000
4	5, 8	0,872	4	20	4,5	1,0584
5	16, 21	0,601	4	20	4,5	1,0349
6	4, 9	0,333	4	20	4,5	1,0153
7	15 až 11	0,126	16	20	4,5	4,1353
8	29 až 13	0,150	18	20	4,5	4,9337
9	XXXXXX					
10	XXXXXX					
						12,1776

$$M_{Rd} = 12,320 \text{ MNm}$$

$$d = 1,294 \text{ m}$$

$$z = 0,956 \text{ m}$$

$$S_{nadNO} = 0,37666 \text{ m}^3$$

Staničení 6,880

C.	Název kabelů	Výška nad dolními vlákny [m]	Počet kabelů v průřezu [ks]	Počet drátů/lan v 1 kabelu [ks]	Průměr drátu/lana [mm]	Síla v kabelech (KŽ) [MN]
1	18, 19	0,000	0	0	4,5	0,0000
2	6, 7	1,111	4	20	4,5	1,0777
3	17, 20	0,736	4	20	4,5	1,0221
4	5, 8	0,458	4	20	4,5	0,9998
5	16, 21	0,259	4	20	4,5	1,0080
6	4, 9	0,092	4	20	4,5	1,0044
7	15 až 11	0,090	16	20	4,5	4,0961
8	29 až 13	0,150	18	20	4,5	4,8329
9	XXXXXX					
10	XXXXXX					
						14,0410

$$M_{Rd} = 12,951 \text{ MNm}$$

$$d = 1,320 \text{ m}$$

$$z = 0,899 \text{ m}$$

$$S_{nadNO} = 0,38808 \text{ m}^3$$

Staničení 9,970

C.	Název kabelů	Výška nad dolními vlákny [m]	Počet kabelů v průřezu [ks]	Počet drátů/lan v 1 kabelu [ks]	Průměr drátu/lana [mm]	Síla v kabelech (KŽ) [MN]
1	18, 19	0,811	4	20	4,5	1,0580
2	6, 7	0,358	4	20	4,5	0,9988
3	17, 20	0,139	4	20	4,5	0,9862
4	5, 8	0,050	4	20	4,5	0,9874
5	16, 21	0,130	4	20	4,5	1,0041
6	4, 9	0,050	4	20	4,5	0,9887
7	15 až 11	0,090	16	20	4,5	3,9908
8	29 až 13	0,150	18	20	4,5	4,7079
9	XXXXXX					
10	XXXXXX					
						14,7220

$$M_{Rd} = 19,140 \text{ MNm}$$

$$d = 1,458 \text{ m}$$

$$z = 1,146 \text{ m}$$

$$S_{nadNO} = 0,48271 \text{ m}^3$$

Staničení 13,060

C.	Název kabelů	Výška nad dolními vlákny [m]	Počet kabelů v průřezu [ks]	Počet drátů/lan v 1 kabelu [ks]	Průměr drátu/lana [mm]	Síla v kabelech (KŽ) [MN]
1	18, 19	0,233	4	20	4,5	1,0014
2	6, 7	0,050	4	20	4,5	0,9850
3	17, 20	0,130	4	20	4,5	0,9799
4	5, 8	0,050	4	20	4,5	0,9818
5	16, 21	0,130	4	20	4,5	0,9989
6	4, 9	0,050	4	20	4,5	0,9830
7	15 až 11	0,090	16	20	4,5	3,9692
8	29 až 13	0,150	18	20	4,5	4,6850
9	XXXXXX					
10	XXXXXX					
						14,5843

$$M_{Rd} = 21,725 \text{ MNm}$$

$$d = 1,572 \text{ m}$$

$$z = 1,262 \text{ m}$$

$$S_{nadNO} = 0,52588 \text{ m}^3$$

Staničení 16,150

C.	Název kabelů	Výška nad dolními vlákny [m]	Počet kabelů v průřezu [ks]	Počet drátů/lan v 1 kabelu [ks]	Průměr drátu/lana [mm]	Síla v kabelech (KŽ) [MN]
1	18, 19	0,130	4	20	4,5	0,9890
2	6, 7	0,050	4	20	4,5	0,9871
3	17, 20	0,130	4	20	4,5	0,9816
4	5, 8	0,050	4	20	4,5	0,9838
5	16, 21	0,130	4	20	4,5	1,0006
6	4, 9	0,050	4	20	4,5	0,9851
7	15 až 11	0,090	16	20	4,5	3,9767
8	29 až 13	0,150	18	20	4,5	4,6920
9	XXXXXX					
10	XXXXXX					
						14,5959

$$M_{Rd} = 23,058 \text{ MNm}$$

$$d = 1,642 \text{ m}$$

$$z = 1,327 \text{ m}$$

$$S_{nadNO} = 0,55571 \text{ m}^3$$

Staničení 19,240

C.	Název kabelů	Výška nad dolními vlákny [m]	Počet kabelů v průřezu [ks]	Počet drátů/lan v 1 kabelu [ks]	Průměr drátu/lana [mm]	Síla v kabelech (KŽ) [MN]
1	18, 19	0,233	4	20	4,5	1,0014
2	6, 7	0,050	4	20	4,5	0,9850
3	17, 20	0,130	4	20	4,5	0,9799
4	5, 8	0,050	4	20	4,5	0,9818
5	16, 21	0,130	4	20	4,5	0,9989
6	4, 9	0,050	4	20	4,5	0,9830
7	15 až 11	0,090	16	20	4,5	3,9692
8	29 až 13	0,150	18	20	4,5	4,6850
9	XXXXXX					
10	XXXXXX					
						14,5843

$$M_{Rd} = 21,725 \text{ MNm}$$

$$d = 1,572 \text{ m}$$

$$z = 1,262 \text{ m}$$

$$S_{nadNO} = 0,52588 \text{ m}^3$$

Staničení 22,330

C.	Název kabelů	Výška nad dolními vlákny [m]	Počet kabelů v průřezu [ks]	Počet drátů/lan v 1 kabelu [ks]	Průměr drátu/lana [mm]	Síla v kabelech (KŽ) [MN]
1	18, 19	0,811	4	20	4,5	1,0580
2	6, 7	0,358	4	20	4,5	0,9988
3	17, 20	0,139	4	20	4,5	0,9862
4	5, 8	0,050	4	20	4,5	0,9874
5	16, 21	0,130	4	20	4,5	1,0041
6	4, 9	0,050	4	20	4,5	0,9887
7	15 až 11	0,090	16	20	4,5	3,9908
8	29 až 13	0,150	18	20	4,5	4,7079
9	XXXXXX					
10	XXXXXX					
						14,7220

$$M_{Rd} = 19,140 \text{ MNm}$$

$$d = 1,458 \text{ m}$$

$$z = 1,146 \text{ m}$$

$$S_{nadNO} = 0,48271 \text{ m}^3$$

Staničení 25,420

C.	Název kabelů	Výška nad dolními vlákny [m]	Počet kabelů v průřezu [ks]	Počet drátů/lan v 1 kabelu [ks]	Průměr drátu/lana [mm]	Síla v kabelech (KŽ) [MN]
1	18, 19	1,463	0	0	4,5	0,0000
2	6, 7	1,111	4	20	4,5	1,0692
3	17, 20	0,736	4	20	4,5	1,0176
4	5, 8	0,458	4	20	4,5	0,9983
5	16, 21	0,259	4	20	4,5	1,0086
6	4, 9	0,092	4	20	4,5	1,0068
7	15 až 11	0,090	16	20	4,5	4,1058
8	29 až 13	0,150	18	20	4,5	4,8409
9	XXXXXX					
10	XXXXXX					
						14,0472

$$M_{Rd} = 12,964 \text{ MNm}$$

$$d = 1,321 \text{ m}$$

$$z = 0,900 \text{ m}$$

$$S_{nadNO} = 0,38808 \text{ m}^3$$

Staničení 26,870

C.	Název kabelů	Výška nad dolními vlákny [m]	Počet kabelů v průřezu [ks]	Počet drátů/lan v 1 kabelu [ks]	Průměr drátu/lana [mm]	Síla v kabelech (KŽ) [MN]
1	18, 19	0,000	0	0	4,5	0,0000
2	6, 7	1,473	0	0	4,5	0,0000
3	17, 20	1,148	0	0	4,5	0,0000
4	5, 8	0,872	4	20	4,5	1,0273
5	16, 21	0,601	4	20	4,5	1,0170
6	4, 9	0,333	4	20	4,5	1,0105
7	15 až 11	0,126	16	20	4,5	4,1569
8	29 až 13	0,150	18	20	4,5	4,9527
9	XXXXXX					
10	XXXXXX					
						12,1644

$$M_{Rd} = 12,349 \text{ MNm}$$

$$d = 1,296 \text{ m}$$

$$z = 0,959 \text{ m}$$

$$S_{nadNO} = 0,37666 \text{ m}^3$$

Staničení 28,320

Č.	Název kabelů	Výška nad dolními vlákny [m]	Počet kabelů v průřezu [ks]	Počet drátů/lan v 1 kabelu [ks]	Průměr drátu/lana [mm]	Síla v kabelech (KŽ) [MN]
1	18, 19	0,000	0	0	4,5	0,0000
2	6, 7	0,000	0	0	4,5	0,0000
3	17, 20	0,000	0	0	4,5	0,0000
4	5, 8	1,285	0	0	4,5	0,0000
5	16, 21	1,012	4	20	4,5	1,0544
6	4, 9	0,738	4	20	4,5	1,0388
7	15 až 11	0,277	16	20	4,5	4,1824
8	29 až 13	0,150	18	20	4,5	5,0395
9	XXXXXX					
10	XXXXXX					
						11,3152

$$M_{Rd} = 10,909 \text{ MNm}$$

$$d = 1,201 \text{ m}$$

$$z = 0,919 \text{ m}$$

$$S_{nadNO} = 0,36530 \text{ m}^3$$

Staničení 29,770

Č.	Název kabelů	Výška nad dolními vlákny [m]	Počet kabelů v průřezu [ks]	Počet drátů/lan v 1 kabelu [ks]	Průměr drátu/lana [mm]	Síla v kabelech (KŽ) [MN]
1	18, 19	0,000	0	0	4,5	0,0000
2	6, 7	0,000	0	0	4,5	0,0000
3	17, 20	0,000	0	0	4,5	0,0000
4	5, 8	0,000	0	0	4,5	0,0000
5	16, 21	1,424	0	0	4,5	0,0000
6	4, 9	1,149	0	0	4,5	0,0000
7	15 až 11	0,549	16	20	4,5	4,2026
8	29 až 13	0,149	18	20	4,5	5,1235
9	XXXXXX					
10	XXXXXX					
						9,3261

$$M_{Rd} = 9,950 \text{ MNm}$$

$$d = 1,162 \text{ m}$$

$$z = 0,944 \text{ m}$$

$$S_{nadNO} = 0,35400 \text{ m}^3$$

Staničení 31,150

Č.	Název kabelů	Výška nad dolními vlákny [m]	Počet kabelů v průřezu [ks]	Počet drátů/lan v 1 kabelu [ks]	Průměr drátu/lana [mm]	Síla v kabelech (KŽ) [MN]
1	18, 19	0,000	0	0	4,5	0,0000
2	6, 7	0,000	0	0	4,5	0,0000
3	17, 20	0,000	0	0	4,5	0,0000
4	5, 8	0,000	0	0	4,5	0,0000
5	16, 21	0,000	0	0	4,5	0,0000
6	4, 9	0,000	0	0	4,5	0,0000
7	15 až 11	0,918	16	20	4,5	4,2944
8	29 až 13	0,140	18	20	4,5	5,1385
9	XXXXXX					
10	XXXXXX					
						9,4329

$$M_{Rd} = 8,238 \text{ MNm}$$

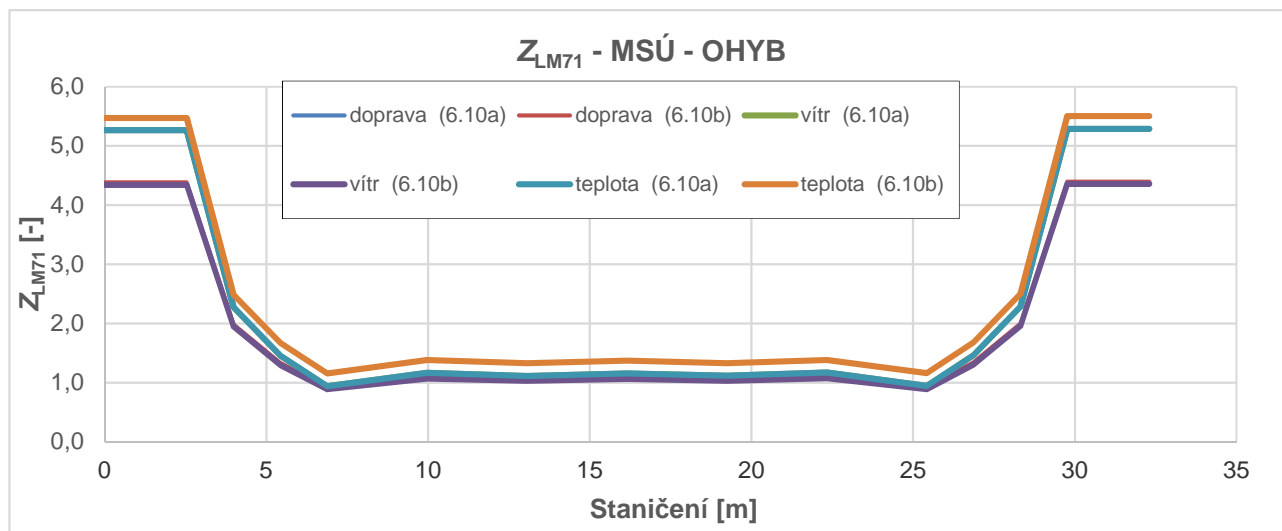
$$d = 1,026 \text{ m}$$

$$z = 0,822 \text{ m}$$

$$S_{nadNO} = 0,34022 \text{ m}^3$$

9.1.2. PŘEHLED ZATÍŽITELNOSTÍ

Poloha	Staničení [m]	Zatížitelnost Z_{LM71} pro Q k1 a kombinaci podle vztahu					
		doprava		vítr		teplota	
		(6.10a)	(6.10b)	(6.10a)	(6.10b)	(6.10a)	(6.10b)
Celo	0,000	5,268	4,382	5,268	4,342	5,268	5,473
Osa uložení	1,150	5,268	4,382	5,268	4,342	5,268	5,473
	1,150	5,268	4,382	5,268	4,342	5,268	5,473
0	2,530	5,268	4,382	5,268	4,342	5,268	5,473
	2,530	5,268	4,382	5,268	4,342	5,268	5,473
0	3,980	2,274	1,991	2,274	1,951	2,274	2,487
	3,980	2,274	1,991	2,274	1,951	2,274	2,487
0	5,430	1,455	1,337	1,455	1,297	1,455	1,670
	5,430	1,455	1,337	1,455	1,297	1,455	1,670
0	6,880	0,940	0,926	0,940	0,888	0,940	1,156
	6,880	0,940	0,926	0,940	0,888	0,940	1,156
0	9,970	1,169	1,107	1,169	1,071	1,169	1,383
	9,970	1,169	1,107	1,169	1,071	1,169	1,383
	13,060	1,115	1,064	1,115	1,029	1,115	1,330
	13,060	1,115	1,064	1,115	1,029	1,115	1,330
Střed rozpětí	16,150	1,158	1,098	1,158	1,064	1,158	1,373
	16,150	1,158	1,098	1,158	1,064	1,158	1,373
0	19,240	1,116	1,064	1,116	1,030	1,116	1,330
	19,240	1,116	1,064	1,116	1,030	1,116	1,330
	22,330	1,170	1,108	1,170	1,072	1,170	1,386
	22,330	1,170	1,108	1,170	1,072	1,170	1,386
0	25,420	0,945	0,930	0,945	0,892	0,945	1,163
	25,420	0,945	0,930	0,945	0,892	0,945	1,163
0	26,870	1,466	1,346	1,466	1,306	1,466	1,683
	26,870	1,466	1,346	1,466	1,306	1,466	1,683
0	28,320	2,286	2,000	2,286	1,960	2,286	2,502
	28,320	2,286	2,000	2,286	1,960	2,286	2,502
0	29,770	5,288	4,398	5,288	4,358	5,288	5,502
	29,770	5,288	4,398	5,288	4,358	5,288	5,502
Osa uložení	31,150	5,288	4,398	5,288	4,358	5,288	5,502
	31,150	5,288	4,398	5,288	4,358	5,288	5,502
Celo	32,300	5,288	4,398	5,288	4,358	5,288	5,502
Minimum		0,940	0,926	0,940	0,888	0,940	1,156
Celkové minimum		0,888					



9.2. SMYK

9.2.1. STANOVENÍ SMYKOVÉ ÚNOSNOSTI

9.2.1.1. Uspořádání smykové výztuže

Poloha	Staničení	Průřez			Materiály	
		b_w (2 stěny)	h	d	f_{ck}	f_{yk}
	[m]	[m]	[m]	[m]	[MPa]	[MPa]
Celo	0,000	0,480	1,418	1,017	35,0	380,0
Osa uložení	1,150	0,480	1,442	1,017	35,0	380,0
	1,150	0,480	1,442	1,017	35,0	380,0
0	2,530	0,480	1,470	1,156	35,0	380,0
0	2,530	0,480	1,470	1,156	35,0	380,0
0	3,980	0,480	1,500	1,201	35,0	380,0
0	3,980	0,480	1,500	1,201	35,0	380,0
0	5,430	0,480	1,530	1,295	35,0	380,0
0	5,430	0,480	1,530	1,295	35,0	380,0
0	6,880	0,480	1,560	1,321	35,0	380,0
0	6,880	0,480	1,560	1,321	35,0	380,0
0	9,970	0,480	1,623	1,458	35,0	380,0
0	9,970	0,480	1,623	1,458	35,0	380,0
0	13,060	0,480	1,687	1,572	35,0	380,0
0	13,060	0,480	1,687	1,572	35,0	380,0
Střed rozpětí	16,150	0,480	1,750	1,642	35,0	380,0
	16,150	0,480	1,750	1,642	35,0	380,0
0	19,240	0,480	1,687	1,572	35,0	380,0
0	19,240	0,480	1,687	1,572	35,0	380,0
0	22,330	0,480	1,623	1,458	35,0	380,0
0	22,330	0,480	1,623	1,458	35,0	380,0
0	25,420	0,480	1,560	1,322	35,0	380,0
0	25,420	0,480	1,560	1,322	35,0	380,0
0	26,870	0,480	1,530	1,297	35,0	380,0
0	26,870	0,480	1,530	1,297	35,0	380,0
0	28,320	0,480	1,500	1,203	35,0	380,0
0	28,320	0,480	1,500	1,203	35,0	380,0
0	29,770	0,480	1,470	1,157	35,0	380,0
0	29,770	0,480	1,470	1,157	35,0	380,0
Osa uložení	31,150	0,480	1,442	1,020	35,0	380,0
	31,150	0,480	1,442	1,020	35,0	380,0
Celo	32,300	0,480	1,418	1,020	35,0	380,0

Přehled smykové výztuže:

Pozn.: v konstrukci byla použita výztuž **Roxor**.

Staničení	Smyková výztuž - třmínky (2 stěny)								
	Uspořádání smykové výztuže (2 stěny)					Podélná vzdálenost s_l [m]	Příčná vzdálenost s_t [m]	Uhel mezi osami prvku a výztuže	
	f_w	Počet stříhů	f_w	Počet stříhů	A_{sw}			a	a
	[m]	[mm]	[ks]	[mm]	[ks]			[°]	[rad]
0,000	24	4	0	0	1109,56	0,140	0,156	90,0	1,57080
1,150	24	4	0	0	1109,56	0,140	0,156	90,0	1,57080
1,150	24	4	0	0	1109,56	0,140	0,156	90,0	1,57080
2,530	16	4	0	0	493,14	0,150	0,164	90,0	1,57080
2,530	16	4	0	0	493,14	0,200	0,164	90,0	1,57080
3,980	16	4	0	0	493,14	0,200	0,164	90,0	1,57080
3,980	16	4	0	0	493,14	0,200	0,164	90,0	1,57080
5,430	16	4	0	0	493,14	0,200	0,164	90,0	1,57080
5,430	16	4	0	0	493,14	0,200	0,164	90,0	1,57080
6,880	16	4	0	0	493,14	0,200	0,164	90,0	1,57080
6,880	16	4	0	0	493,14	0,200	0,164	90,0	1,57080
9,970	14	4	0	0	377,56	0,350	0,166	90,0	1,57080
9,970	14	4	0	0	377,56	0,350	0,166	90,0	1,57080
13,060	14	4	0	0	377,56	0,350	0,166	90,0	1,57080
13,060	14	4	0	0	377,56	0,350	0,166	90,0	1,57080
16,150	14	4	0	0	377,56	0,350	0,166	90,0	1,57080
16,150	14	4	0	0	377,56	0,350	0,166	90,0	1,57080
19,240	14	4	0	0	377,56	0,350	0,166	90,0	1,57080
19,240	14	4	0	0	377,56	0,350	0,166	90,0	1,57080
22,330	14	4	0	0	377,56	0,350	0,166	90,0	1,57080
22,330	14	4	0	0	377,56	0,350	0,166	90,0	1,57080
25,420	16	4	0	0	493,14	0,200	0,164	90,0	1,57080
25,420	16	4	0	0	493,14	0,200	0,164	90,0	1,57080
26,870	16	4	0	0	493,14	0,200	0,164	90,0	1,57080
26,870	16	4	0	0	493,14	0,200	0,164	90,0	1,57080
28,320	16	4	0	0	493,14	0,200	0,164	90,0	1,57080
28,320	16	4	0	0	493,14	0,200	0,164	90,0	1,57080
29,770	16	4	0	0	493,14	0,200	0,164	90,0	1,57080
29,770	16	4	0	0	493,14	0,150	0,164	90,0	1,57080
31,150	24	4	0	0	1109,56	0,140	0,156	90,0	1,57080
31,150	24	4	0	0	1109,56	0,140	0,156	90,0	1,57080
32,300	24	4	0	0	1109,56	0,140	0,156	90,0	1,57080

Staničení	Ověření podélné vzdálenosti			Ověření příčné vzdálenosti			Stupeň smykového vyztužení		
	s_l	$s_{l,max}$	Posouzení	s_t	$s_{t,max}$	Posouzení	r_w	$r_{w,min}$	Posouzení
[m]	[m]	[m]		[m]	[m]		[-]	[-]	
0,000	0,140	0,763	VYHOVÍ	0,156	0,763	VYHOVÍ	0,016511	0,001245	VYHOVÍ
1,150	0,140	0,763	VYHOVÍ	0,156	0,763	VYHOVÍ	0,016511	0,001245	VYHOVÍ
1,150	0,140	0,763	VYHOVÍ	0,156	0,763	VYHOVÍ	0,016511	0,001245	VYHOVÍ
2,530	0,150	0,867	VYHOVÍ	0,164	0,867	VYHOVÍ	0,006849	0,001245	VYHOVÍ
2,530	0,200	0,867	VYHOVÍ	0,164	0,867	VYHOVÍ	0,005137	0,001245	VYHOVÍ
3,980	0,200	0,901	VYHOVÍ	0,164	0,901	VYHOVÍ	0,005137	0,001245	VYHOVÍ
3,980	0,200	0,901	VYHOVÍ	0,164	0,901	VYHOVÍ	0,005137	0,001245	VYHOVÍ
5,430	0,200	0,971	VYHOVÍ	0,164	0,971	VYHOVÍ	0,005137	0,001245	VYHOVÍ
5,430	0,200	0,971	VYHOVÍ	0,164	0,971	VYHOVÍ	0,005137	0,001245	VYHOVÍ
6,880	0,200	0,991	VYHOVÍ	0,164	0,991	VYHOVÍ	0,005137	0,001245	VYHOVÍ
6,880	0,200	0,991	VYHOVÍ	0,164	0,991	VYHOVÍ	0,005137	0,001245	VYHOVÍ
9,970	0,350	1,094	VYHOVÍ	0,166	1,094	VYHOVÍ	0,002247	0,001245	VYHOVÍ
9,970	0,350	1,094	VYHOVÍ	0,166	1,094	VYHOVÍ	0,002247	0,001245	VYHOVÍ
13,060	0,350	1,179	VYHOVÍ	0,166	1,179	VYHOVÍ	0,002247	0,001245	VYHOVÍ
13,060	0,350	1,179	VYHOVÍ	0,166	1,179	VYHOVÍ	0,002247	0,001245	VYHOVÍ
16,150	0,350	1,232	VYHOVÍ	0,166	1,232	VYHOVÍ	0,002247	0,001245	VYHOVÍ
16,150	0,350	1,232	VYHOVÍ	0,166	1,232	VYHOVÍ	0,002247	0,001245	VYHOVÍ
19,240	0,350	1,179	VYHOVÍ	0,166	1,179	VYHOVÍ	0,002247	0,001245	VYHOVÍ
19,240	0,350	1,179	VYHOVÍ	0,166	1,179	VYHOVÍ	0,002247	0,001245	VYHOVÍ
22,330	0,350	1,094	VYHOVÍ	0,166	1,094	VYHOVÍ	0,002247	0,001245	VYHOVÍ
22,330	0,350	1,094	VYHOVÍ	0,166	1,094	VYHOVÍ	0,002247	0,001245	VYHOVÍ
25,420	0,200	0,992	VYHOVÍ	0,164	0,992	VYHOVÍ	0,005137	0,001245	VYHOVÍ
25,420	0,200	0,992	VYHOVÍ	0,164	0,992	VYHOVÍ	0,005137	0,001245	VYHOVÍ
26,870	0,200	0,973	VYHOVÍ	0,164	0,973	VYHOVÍ	0,005137	0,001245	VYHOVÍ
26,870	0,200	0,973	VYHOVÍ	0,164	0,973	VYHOVÍ	0,005137	0,001245	VYHOVÍ
28,320	0,200	0,902	VYHOVÍ	0,164	0,902	VYHOVÍ	0,005137	0,001245	VYHOVÍ
28,320	0,200	0,902	VYHOVÍ	0,164	0,902	VYHOVÍ	0,005137	0,001245	VYHOVÍ
29,770	0,200	0,868	VYHOVÍ	0,164	0,868	VYHOVÍ	0,005137	0,001245	VYHOVÍ
29,770	0,150	0,868	VYHOVÍ	0,164	0,868	VYHOVÍ	0,006849	0,001245	VYHOVÍ
31,150	0,140	0,765	VYHOVÍ	0,156	0,765	VYHOVÍ	0,016511	0,001245	VYHOVÍ
31,150	0,140	0,765	VYHOVÍ	0,156	0,765	VYHOVÍ	0,016511	0,001245	VYHOVÍ
32,300	0,140	0,765	VYHOVÍ	0,156	0,765	VYHOVÍ	0,016511	0,001245	VYHOVÍ

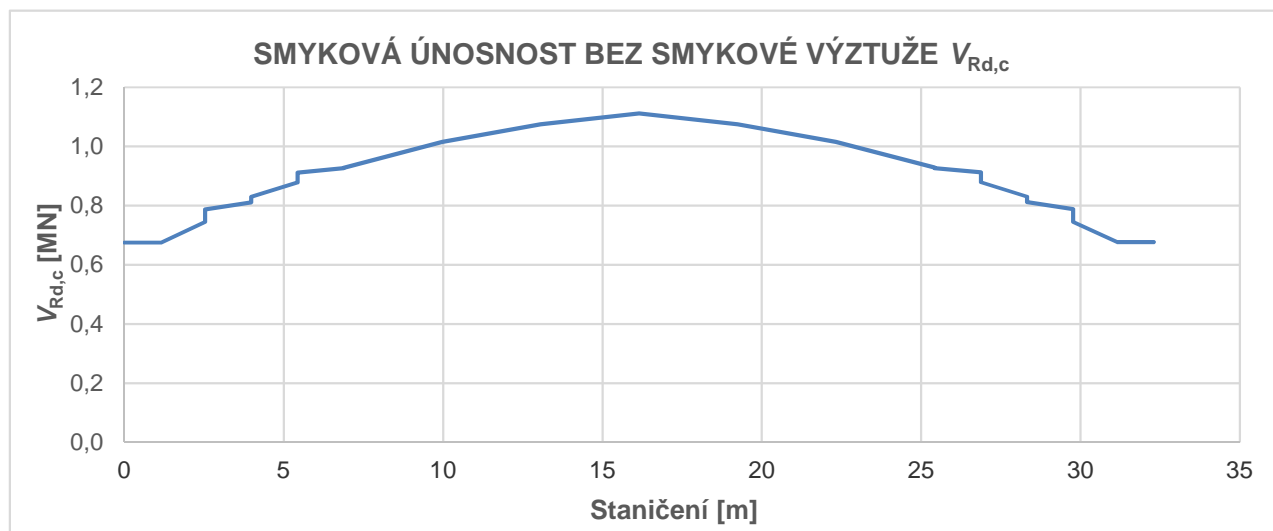
Maximální podélná osová vzdálenost sestav třmínkové výztuže: $s_{l,max} = 0,75 \cdot d \cdot (1 + \cotg \alpha)$

Maximální příčná osová vzdálenost větví třmínků: $s_{t,max} = 0,75 \cdot d$

Stupeň smykového vyztužení: $r_w = A_{sw} / (s \cdot b_w \cdot \sin \alpha) \geq$
 $\geq r_{w,min} = (0,08 \cdot f_{ck}^{1/2}) / f_{yk}$

9.2.1.2. Posouzení prvku s ohybovými trhlinami na MÚ - prvky nevyžadující návrh smykové výztuže výpočtem

Průběh $V_{Rd,c}$ po délce nosníku:



Výpočet smykové únosnosti bez smykové výztuže byl proveden podle následujících vzorců:

$$V_{Rd,c} = [C_{Rd,c} \cdot k \cdot (100 \cdot r_l \cdot f_{ck})^{1/3} + k_1 \cdot s_{cp}] \cdot b_w \cdot d \quad , \text{ s minimem:}$$

$$V_{Rd,c} = (n_{\min} + k_1 \cdot s_{cp}) \cdot b_w \cdot d$$

$$C_{Rd,c} = \frac{0,18}{g_c}$$

$$k = 1 + (200 / d)^{1/2} \leq 2,0 \quad , \text{ kde } d \text{ je v [mm]}$$

$$r_l = \frac{A_{sl}}{b_w \cdot d} \leq 0,020 \quad , \text{ kde:}$$

A_{sl} je plocha tažené betonářské výztuže, která zasahuje do vzdálenosti $\geq (l_{bd} + d)$ za posuzovaný průřez; plochu soudržné předpínací výztuže je možno zahrnout do výpočtu A_{sl} . V tom případě se má použít vážená střední hodnota d ,

$$k_1 = 0,15$$

$$n_{\min} = 0,035 \cdot k^{2/3} \cdot f_{ck}^{1/2}$$

$$s_{cp} = N_{Ed} / A_c < 0,2 f_{cd} \quad (N_{Ed} > 0 \text{ pro tlak})$$

9.2.1.3. Posouzení prvku s ohybovými trhlinami na MÚ - prvky vyžadující návrh smykové výztuže výpočtem

Pro prvky se svislou smykovou výztuží je smyková únosnost V_{Rd} menší z hodnot:

$$V_{Rd,s} = \frac{A_{sw}}{s} \cdot z \cdot f_{ywd} \cdot \cot Q \quad a$$

$$V_{Rd,max} = a_{cw} \cdot b_w \cdot z \cdot n_1 \cdot f_{cd} / (\cot Q + \tan Q) \quad , \text{ kde:}$$

b_w je nejmenší šířka průřezu v tažené oblasti; pokud jsou ve stěně prvku zainjektované kovové trubky s průměrem $> b_w/8$, má se únosnost ve smyku $V_{Rd,max}$ vypočítat s uvážením jmenovité šířky stěny dané vztahem:

$$b_{w,nom} = b_w - 0,5Sf \quad , \text{ kde}$$

f je vnější průměr trubky a Sf se stanoví pro nejnepříznivější úroveň průřezu.

Při zainjektovaných kovových trubkách s $f \leq b_w/8$ je $b_{w,nom} = b_w$.

Při nezainjektovaných trubkách, zainjektovaných plastových trubkách a nesoudržné předpínací výztuži je jmenovitá šířka stěny:

$$b_{w,nom} = b_w - 1,2Sf$$

Hodnota "1,2" ve výše uvedeném vztahu vyjadřuje vliv příčných tahů na rozštěpení betonových tlakových diagonál. Pokud se navrhne odpovídající příčná výztuž, lze tuto hodnotu zmenšit na 1,0.

V tomto případě je vnější průměr trubky kabelového kanálu: $f = 42 \text{ mm}$,

Q je úhel tlakových diagonál, (volíme v rozmezí $1 \leq \cot Q \leq 2,5 \Rightarrow \text{cca } 22,5^\circ \leq Q \leq 45^\circ$)

v našem případě volíme ... $Q = 25,0^\circ$

n_1 je redukční součinitel pevnosti pro beton se smykovými trhlinami; doporučená hodnota je:

$$n_1 = n = 0,6 \cdot \left[1 - \frac{f_{ck}}{250} \right]$$

a_{cw} je součinitel, zohledňující stav napjatosti v tlačném pásu:

1) $a_{cw} = 1,00$... pro nepředpjaté konstrukce,

2) $a_{cw} = (1 + s_{cp}/f_{cd})$... pro $0 < s_{cp} \leq 0,25f_{cd}$,

3) $a_{cw} = 1,25$... pro $0,25f_{cd} < s_{cp} \leq 0,50f_{cd}$,

4) $a_{cw} = 2,5 \cdot (1 - s_{cp}/f_{cd})$... pro $0,50f_{cd} < s_{cp} \leq 1,00f_{cd}$.

Maximální účinná průřezová plocha smykové výztuže pro $\cotg Q = 1,0$ (tzn. pro $Q = 45^\circ$):

$$A_{sw,max} = \frac{0,5 \cdot a_{cw} \cdot n_1 \cdot f_{cd} \cdot b_w \cdot s}{f_{ywd}}$$

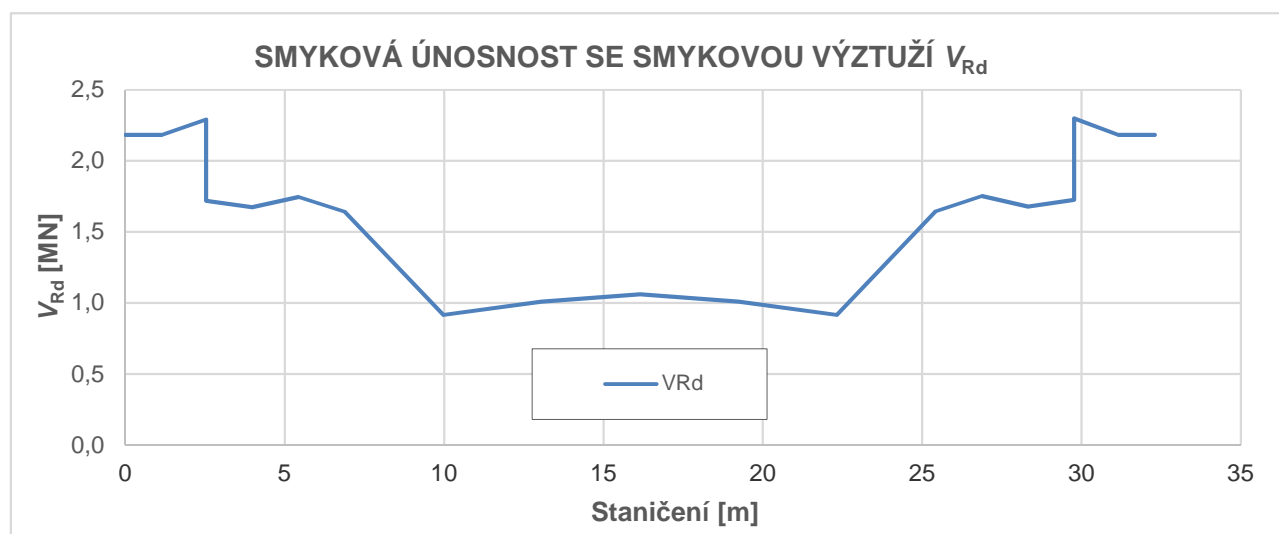
Výpočet únosnosti ve smyku:

Poloha	Staničení [m]	A_{sw} [m ²]	s [m]	b_w (2 stěny) [m]	Průměr kanálků f [m]	Počet kanálků (2 stěny) [ks]	$b_{w,nom}$ (2 stěny) [m]	z [m]
Čelo	0,000	0,001110	0,140	0,480	0,042	4	0,480	0,822
Osa uložení	1,150	0,001110	0,140	0,480	0,042	4	0,480	0,822
	1,150	0,001110	0,140	0,480	0,042	4	0,480	0,822
0	2,530	0,000493	0,150	0,480	0,042	4	0,480	0,941
	2,530	0,000493	0,200	0,480	0,042	4	0,480	0,941
0	3,980	0,000493	0,200	0,480	0,042	4	0,480	0,916
	3,980	0,000493	0,200	0,480	0,042	4	0,480	0,916
0	5,430	0,000493	0,200	0,480	0,042	4	0,480	0,956
	5,430	0,000493	0,200	0,480	0,042	4	0,480	0,956
0	6,880	0,000493	0,200	0,480	0,042	4	0,480	0,899
	6,880	0,000493	0,200	0,480	0,042	4	0,480	0,899
0	9,970	0,000378	0,350	0,480	0,042	4	0,480	1,146
	9,970	0,000378	0,350	0,480	0,042	4	0,480	1,146
	13,060	0,000378	0,350	0,480	0,042	4	0,480	1,262
	13,060	0,000378	0,350	0,480	0,042	4	0,480	1,262
Střed rozpětí	16,150	0,000378	0,350	0,480	0,042	4	0,480	1,327
	16,150	0,000378	0,350	0,480	0,042	4	0,480	1,327
0	19,240	0,000378	0,350	0,480	0,042	4	0,480	1,262
	19,240	0,000378	0,350	0,480	0,042	4	0,480	1,262
	22,330	0,000378	0,350	0,480	0,042	4	0,480	1,146
	22,330	0,000378	0,350	0,480	0,042	4	0,480	1,146
0	25,420	0,000493	0,200	0,480	0,042	4	0,480	0,900
	25,420	0,000493	0,200	0,480	0,042	4	0,480	0,900
0	26,870	0,000493	0,200	0,480	0,042	4	0,480	0,959
	26,870	0,000493	0,200	0,480	0,042	4	0,480	0,959
0	28,320	0,000493	0,200	0,480	0,042	4	0,480	0,919
	28,320	0,000493	0,200	0,480	0,042	4	0,480	0,919
0	29,770	0,000493	0,200	0,480	0,042	4	0,480	0,944
	29,770	0,000493	0,150	0,480	0,042	4	0,480	0,944
Osa uložení	31,150	0,001110	0,140	0,480	0,042	4	0,480	0,822
	31,150	0,001110	0,140	0,480	0,042	4	0,480	0,822
Čelo	32,300	0,001110	0,140	0,480	0,042	4	0,480	0,822

Poloha	Staničení	s_{cp}	f_{ck}	f_{cd}	f_{ywd}	Q	Q	n_1
	[m]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[°]	[rad]	[-]
Celo	0,000	4,667	35,0	23,333	345,5	25,0	0,43633	0,516
Osa uložení	1,150	4,667	35,0	23,333	345,5	25,0	0,43633	0,516
	1,150	4,667	35,0	23,333	345,5	25,0	0,43633	0,516
0	2,530	4,667	35,0	23,333	345,5	25,0	0,43633	0,516
	2,530	4,667	35,0	23,333	345,5	25,0	0,43633	0,516
0	3,980	4,667	35,0	23,333	345,5	25,0	0,43633	0,516
	3,980	4,667	35,0	23,333	345,5	25,0	0,43633	0,516
0	5,430	4,667	35,0	23,333	345,5	25,0	0,43633	0,516
	5,430	4,667	35,0	23,333	345,5	25,0	0,43633	0,516
0	6,880	4,667	35,0	23,333	345,5	25,0	0,43633	0,516
	6,880	4,667	35,0	23,333	345,5	25,0	0,43633	0,516
0	9,970	4,667	35,0	23,333	345,5	25,0	0,43633	0,516
	9,970	4,667	35,0	23,333	345,5	25,0	0,43633	0,516
	13,060	4,667	35,0	23,333	345,5	25,0	0,43633	0,516
	13,060	4,667	35,0	23,333	345,5	25,0	0,43633	0,516
Střed rozpětí	16,150	4,667	35,0	23,333	345,5	25,0	0,43633	0,516
	16,150	4,667	35,0	23,333	345,5	25,0	0,43633	0,516
0	19,240	4,667	35,0	23,333	345,5	25,0	0,43633	0,516
	19,240	4,667	35,0	23,333	345,5	25,0	0,43633	0,516
	22,330	4,667	35,0	23,333	345,5	25,0	0,43633	0,516
	22,330	4,667	35,0	23,333	345,5	25,0	0,43633	0,516
0	25,420	4,667	35,0	23,333	345,5	25,0	0,43633	0,516
	25,420	4,667	35,0	23,333	345,5	25,0	0,43633	0,516
0	26,870	4,667	35,0	23,333	345,5	25,0	0,43633	0,516
	26,870	4,667	35,0	23,333	345,5	25,0	0,43633	0,516
0	28,320	4,667	35,0	23,333	345,5	25,0	0,43633	0,516
	28,320	4,667	35,0	23,333	345,5	25,0	0,43633	0,516
0	29,770	4,667	35,0	23,333	345,5	25,0	0,43633	0,516
	29,770	4,667	35,0	23,333	345,5	25,0	0,43633	0,516
Osa uložení	31,150	4,667	35,0	23,333	345,5	25,0	0,43633	0,516
	31,150	4,667	35,0	23,333	345,5	25,0	0,43633	0,516
Celo	32,300	4,667	35,0	23,333	345,5	25,0	0,43633	0,516

Poloha	Staničení [m]	a_{cw}					$V_{Rd,s}$ [MN]	$V_{Rd,max}$ [MN]	V_{Rd} [MN]
		1) [-]	2) [-]	3) [-]	4) [-]	a_{cw} [-]			
Celo	0,000	1,00	1,200	1,25	2,000	1,200	4,826286	2,183458	2,183458
Osa uložení	1,150	1,00	1,200	1,25	2,000	1,200	4,826286	2,183458	2,183458
	1,150	1,00	1,200	1,25	2,000	1,200	4,826286	2,183458	2,183458
0	2,530	1,00	1,200	1,25	2,000	1,200	2,291844	2,499554	2,291844
	2,530	1,00	1,200	1,25	2,000	1,200	1,718883	2,499554	1,718883
0	3,980	1,00	1,200	1,25	2,000	1,200	1,673217	2,433147	1,673217
	3,980	1,00	1,200	1,25	2,000	1,200	1,673217	2,433147	1,673217
0	5,430	1,00	1,200	1,25	2,000	1,200	1,746283	2,539398	1,746283
	5,430	1,00	1,200	1,25	2,000	1,200	1,746283	2,539398	1,746283
0	6,880	1,00	1,200	1,25	2,000	1,200	1,642164	2,387991	1,642164
	6,880	1,00	1,200	1,25	2,000	1,200	1,642164	2,387991	1,642164
0	9,970	1,00	1,200	1,25	2,000	1,200	0,915840	3,044090	0,915840
	9,970	1,00	1,200	1,25	2,000	1,200	0,915840	3,044090	0,915840
0	13,060	1,00	1,200	1,25	2,000	1,200	1,008542	3,352218	1,008542
	13,060	1,00	1,200	1,25	2,000	1,200	1,008542	3,352218	1,008542
Střed rozpětí	16,150	1,00	1,200	1,25	2,000	1,200	1,060488	3,524876	1,060488
	16,150	1,00	1,200	1,25	2,000	1,200	1,060488	3,524876	1,060488
0	19,240	1,00	1,200	1,25	2,000	1,200	1,008542	3,352218	1,008542
	19,240	1,00	1,200	1,25	2,000	1,200	1,008542	3,352218	1,008542
0	22,330	1,00	1,200	1,25	2,000	1,200	0,915840	3,044090	0,915840
	22,330	1,00	1,200	1,25	2,000	1,200	0,915840	3,044090	0,915840
0	25,420	1,00	1,200	1,25	2,000	1,200	1,643990	2,390647	1,643990
	25,420	1,00	1,200	1,25	2,000	1,200	1,643990	2,390647	1,643990
0	26,870	1,00	1,200	1,25	2,000	1,200	1,751763	2,547367	1,751763
	26,870	1,00	1,200	1,25	2,000	1,200	1,751763	2,547367	1,751763
0	28,320	1,00	1,200	1,25	2,000	1,200	1,678697	2,441116	1,678697
	28,320	1,00	1,200	1,25	2,000	1,200	1,678697	2,441116	1,678697
0	29,770	1,00	1,200	1,25	2,000	1,200	1,724363	2,507523	1,724363
	29,770	1,00	1,200	1,25	2,000	1,200	2,299151	2,507523	2,299151
Osa uložení	31,150	1,00	1,200	1,25	2,000	1,200	4,826286	2,183458	2,183458
	31,150	1,00	1,200	1,25	2,000	1,200	4,826286	2,183458	2,183458
Celo	32,300	1,00	1,200	1,25	2,000	1,200	4,826286	2,183458	2,183458

Průběh V_{Rd} po délce nosníku:



9.2.2. STANOVENÍ ZATÍŽITELNOSTI NA ZÁKLADĚ SMYKOVÉ ÚNOSNOSTI - PŘEHLED VÝSLEDKŮ

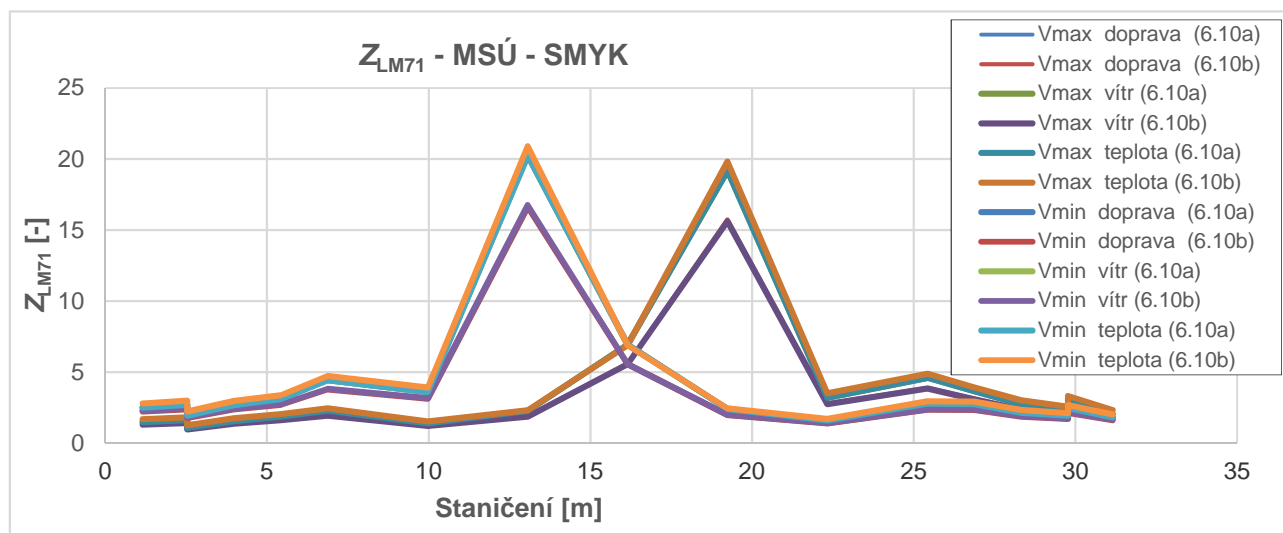
Zatížitelnost mostu stanovená na základě smykové únosnosti:

Poloha	Staničení [m]	Zatížitelnost stanovená z Vmax pro Qk1 a kombinaci					
		doprava		vítr		teplota	
		(6.10a)	(6.10b)	(6.10a)	(6.10b)	(6.10a)	(6.10b)
Celo	0,000	1,478	1,348	1,478	1,303	1,478	1,679
Osa uložení	1,150	1,478	1,348	1,478	1,303	1,478	1,679
	1,150	1,478	1,348	1,478	1,303	1,478	1,679
0	2,530	1,618	1,456	1,618	1,415	1,618	1,813
	2,530	1,061	1,010	1,061	0,969	1,061	1,256
0	3,980	1,557	1,401	1,557	1,365	1,557	1,745
	3,980	1,557	1,401	1,557	1,365	1,557	1,745
0	5,430	1,875	1,651	1,875	1,619	1,875	2,056
	5,430	1,875	1,651	1,875	1,619	1,875	2,056
0	6,880	2,293	1,966	2,293	1,939	2,293	2,449
	6,880	2,293	1,966	2,293	1,939	2,293	2,449
0	9,970	1,398	1,227	1,398	1,202	1,398	1,522
	9,970	1,398	1,227	1,398	1,202	1,398	1,522
	13,060	2,277	1,873	2,277	1,855	2,277	2,325
	13,060	2,277	1,873	2,277	1,855	2,277	2,325
Střed rozpětí	16,150	6,936	5,549	6,936	5,549	6,936	6,894
	16,150	6,936	5,549	6,936	5,549	6,936	6,894
0	19,240	19,166	15,754	19,166	15,612	19,166	19,824
	19,240	19,166	15,754	19,166	15,612	19,166	19,824
	22,330	3,190	2,792	3,190	2,737	3,190	3,515
	22,330	3,190	2,792	3,190	2,737	3,190	3,515
0	25,420	4,587	3,901	4,587	3,853	4,587	4,891
	25,420	4,587	3,901	4,587	3,853	4,587	4,891
0	26,870	3,643	3,132	3,643	3,086	3,643	3,926
	26,870	3,643	3,132	3,643	3,086	3,643	3,926
0	28,320	2,723	2,403	2,723	2,350	2,723	3,013
	28,320	2,723	2,403	2,723	2,350	2,723	3,013
0	29,770	2,268	2,038	2,268	1,981	2,268	2,556
	29,770	3,043	2,657	3,043	2,601	3,043	3,330
Osa uložení	31,150	2,047	1,863	2,047	1,803	2,047	2,337
	31,150	8,535	7,069	8,535	6,993	8,535	8,766
Celo	32,300	8,535	7,069	8,535	6,993	8,535	8,766
Minimum		1,061	1,010	1,061	0,969	1,061	1,256
Celkové minimum		0,969					
Min. z Vmax i Vmin		0,969					

Pozn.: hodnoty stanovené na přesahu nosníku za osou uložení neuvažujeme.

Poloha	Staničení [m]	Zatížitelnost stanovená z Vmin pro Qk1 a kombinaci					
		doprava		vítr		teplota	
		(6.10a)	(6.10b)	(6.10a)	(6.10b)	(6.10a)	(6.10b)
Celo	0,000	9,397	7,759	9,397	7,834	9,397	9,628
Osa uložení	1,150	9,397	7,759	9,397	7,834	9,397	9,628
	1,150	2,502	2,227	2,502	2,287	2,502	2,791
0	2,530	2,700	2,383	2,700	2,439	2,700	2,987
	2,530	1,928	1,765	1,928	1,822	1,928	2,215
0	3,980	2,685	2,373	2,685	2,426	2,685	2,976
	3,980	2,685	2,373	2,685	2,426	2,685	2,976
0	5,430	3,103	2,700	3,103	2,746	3,103	3,385
	5,430	3,103	2,700	3,103	2,746	3,103	3,385
0	6,880	4,430	3,776	4,430	3,823	4,430	4,734
	6,880	4,430	3,776	4,430	3,823	4,430	4,734
0	9,970	3,601	3,120	3,601	3,175	3,601	3,926
	9,970	3,601	3,120	3,601	3,175	3,601	3,926
0	13,060	20,238	16,612	20,238	16,754	20,238	20,896
	13,060	20,238	16,612	20,238	16,754	20,238	20,896
Střed rozpětí	16,150	6,940	5,552	6,940	5,552	6,940	6,897
	16,150	6,940	5,552	6,940	5,552	6,940	6,897
0	19,240	2,410	1,980	2,410	1,997	2,410	2,459
	19,240	2,410	1,980	2,410	1,997	2,410	2,459
0	22,330	1,586	1,377	1,586	1,401	1,586	1,710
	22,330	1,586	1,377	1,586	1,401	1,586	1,710
0	25,420	2,794	2,367	2,794	2,394	2,794	2,951
	25,420	2,794	2,367	2,794	2,394	2,794	2,951
0	26,870	2,740	2,342	2,740	2,375	2,740	2,920
	26,870	2,740	2,342	2,740	2,375	2,740	2,920
0	28,320	2,140	1,867	2,140	1,904	2,140	2,327
	28,320	2,140	1,867	2,140	1,904	2,140	2,327
0	29,770	1,923	1,699	1,923	1,740	1,923	2,118
	29,770	2,482	2,146	2,482	2,187	2,482	2,677
Osa uložení	31,150	1,812	1,615	1,812	1,659	1,812	2,013
	31,150	1,812	1,615	1,812	1,659	1,812	2,013
Celo	32,300	1,812	1,615	1,812	1,659	1,812	2,013
Minimum		1,586	1,377	1,586	1,401	1,586	1,710
Celkové minimum		1,377					
Min. z Vmax i Vmin		0,969					

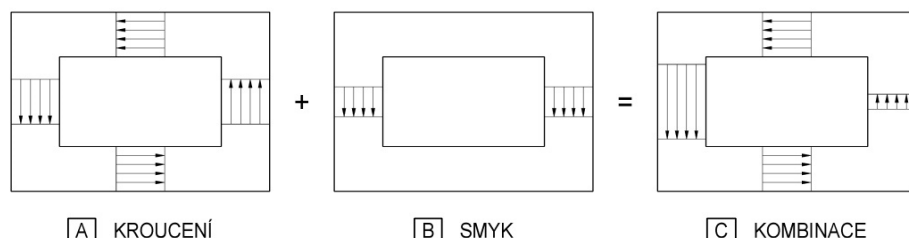
Pozn.: hodnoty stanovené na přesahu nosníku za osou uložení neuvažujeme.



9.3. SMYK + KROUCENÍ

9.3.1. STANOVENÍ ÚNOSNOSTI V KROUCENÍ - OBECNĚ

Únosnost průřezů v kroucení stanovíme dle [7] a [8]. Uvažujeme tenkostěnný uzavřený průřez, u kterého je rovnováha zabezpečena uzavřeným smykovým tokem. Účinky kroucení se přitom převedou na namáhání každé stěny (desky) průřezu náhradní posouvající silou podle následujícího obrázku:



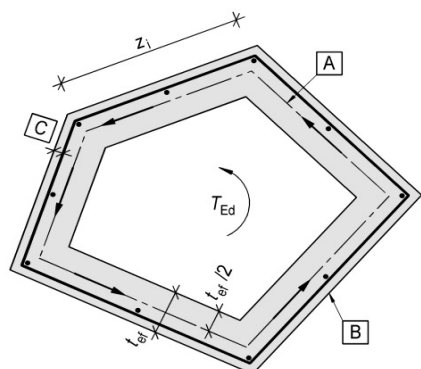
Smykové napětí od čistého kroutícího momentu ve stěně (desce) komorového průřezu lze vypočítat ze vztahu:

$$t_{t,i} t_{ef,i} = \frac{T_{Ed}}{2A_k} \Rightarrow t_{t,i} = \frac{T_{Ed}}{2A_k t_{ef,i}} .$$

Smyková síla $V_{Ed,i}$ od kroucení v i -té stěně (desce) průřezu je pak dána vztahem:

$$V_{Ed,i} = t_{t,i} t_{ef,i} z_i , \text{ kde:}$$

- T_{Ed} je působící návrhový kroutící moment,
- A_k je plocha omezená střednicemi spojených stěn a desek průřezu, včetně plochy vnitřních otvorů,
- $t_{t,i}$ je smykové napětí od kroucení v i -té stěně,
- $t_{ef,i}$ je účinná tloušťka stěny (desky), kterou lze uvažovat hodnotou A/u , ale nemá být menší než dvojnásobek vzdálenosti mezi okrajem a středem podélné výztuže. Pro duté průřezy je horní mezí skutečná tloušťka stěn;
- A je celková plocha průřezu uvnitř vnějšího okraje, včetně ploch vnitřních otvorů,
- u je vnější obvod průřezu,
- z_i je délka střednice i -té stěny (desky), definovaná jako vzdálenost mezi průsečíky se střednicemi sousedních stěn (desek).



- [A] STŘEDNICE
- [B] VNĚJŠÍ OKRAJ ÚČINNÉHO PRŮŘEZU, VNĚJŠÍ OBVOD u
- [C] KRYCÍ VRSTVA

Nutnou průřezovou plochu podélné výztuže na kroucení SA_{sl} lze vypočítat ze vztahu:

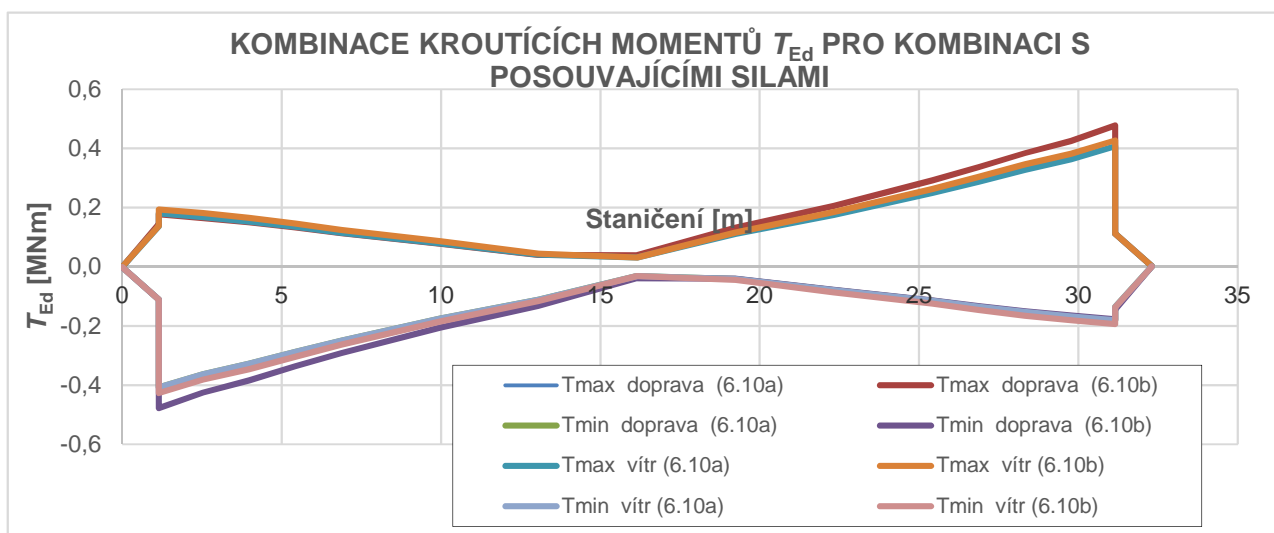
$$\frac{SA_{sl} f_{yd}}{u_k} = \frac{T_{Ed}}{2A_k} \cot \alpha \Rightarrow SA_{sl} = \frac{u_k}{f_{yd}} \frac{T_{Ed}}{2A_k} \cot \alpha$$

V tlačných pásech lze podélnou výztuž redukovat úměrně k příslušné tlakové síle. V tažených pásech se má podélná výztuž na kroucení přidat k ostatní výztuži. Podélná výztuž má být obecně rozdělena po délce z_i , ale u malých průřezů ji lze soustředit do konců této délky (do rohů průřezu).

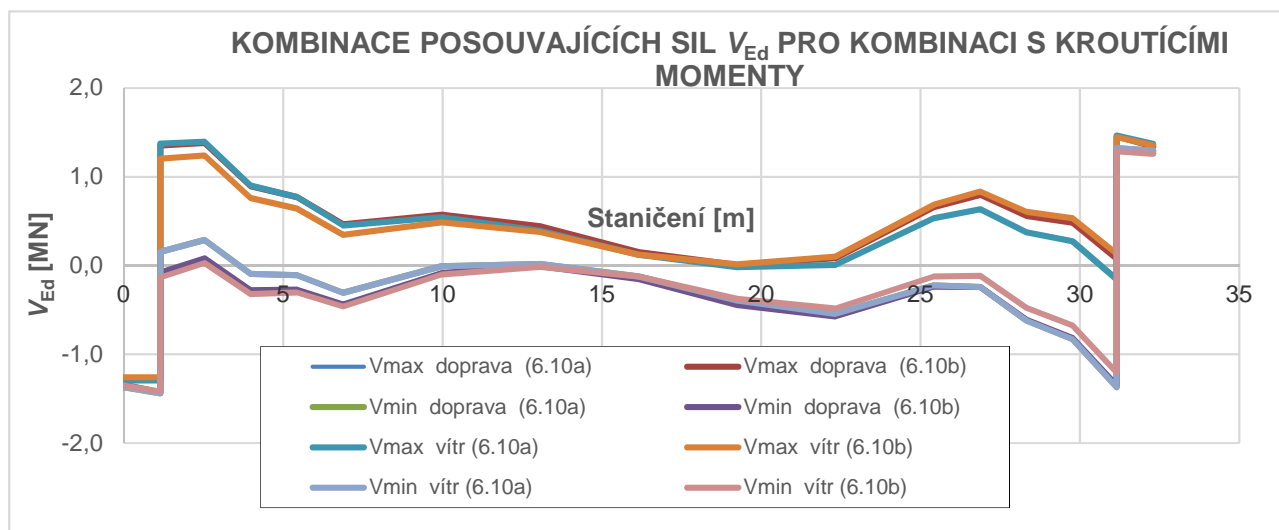
9.3.2. KOMBINACE KROUTÍCÍCH MOMENTŮ PRO KOMBINACI S POSOUVAJÍCÍMI SILAMI

Byly sestaveny návrhové kombinace maximálních i minimálních kroutecích momentů podle vztahů (6.10a) i (6.10b).

Vzhledem k uspořádání konstrukce působí kroutecí moment od svislého pohyblivého zatížení proti kroutecímu momentu od ostatního stálého zatížení. Proto jako hlavní proměnné zatížení bylo uvažováno zatížení dopravou i zatížení větrem.



9.3.3. KOMBINACE POSOUVAJÍCÍCH SIL PRO KOMBINACI S KROUTÍCÍMI MOMENTY



9.3.3. PŘEPOČET KROUTÍCÍCH MOMENTŮ NA NÁHRADNÍ SMYKOVÉ SILY

9.3.3.1. Vztah (6.10a)

Poloha	Staničení [m]	$ T_{Ed} $ [MNm]	Tloušťka			Uvažovaná výška průřezu [m]	Vzdálenost vnějších líců stěn [m]	z_i		A_k [m ²]	Smykové napětí $t_{t,i}$			$V_{Ed,i}$		
			horní desky [m]	stěny [m]	dolní desky [m]			desky [m]	stěny [m]		horní desky [MPa]	stěny [MPa]	dolní desky [MPa]	v horní desce [MN]	ve stěnách [MN]	v dolní desce [MN]
Celo	0,000	0,0024	0,220	0,340	0,340	1,418	1,400	1,060	1,138	1,20628	0,0045	0,0029	0,0029	0,0011	0,0011	0,0011
Osa uložení	1,150	0,1367	0,220	0,340	0,340	1,442	1,400	1,060	1,162	1,23172	0,2523	0,1632	0,1632	0,0588	0,0645	0,0588
	1,150	0,4073	0,220	0,340	0,340	1,442	1,400	1,060	1,162	1,23172	0,7516	0,4863	0,4863	0,1753	0,1921	0,1753
0	2,530	0,3631	0,220	0,340	0,340	1,470	1,400	1,060	1,190	1,26140	0,6542	0,4233	0,4233	0,1526	0,1713	0,1526
0	2,530	0,3631	0,220	0,340	0,340	1,470	1,400	1,060	1,190	1,26140	0,6542	0,4233	0,4233	0,1526	0,1713	0,1526
0	3,980	0,3281	0,220	0,340	0,340	1,500	1,400	1,060	1,220	1,29320	0,5767	0,3731	0,3731	0,1345	0,1548	0,1345
0	3,980	0,3281	0,220	0,340	0,340	1,500	1,400	1,060	1,220	1,29320	0,5767	0,3731	0,3731	0,1345	0,1548	0,1345
0	5,430	0,2880	0,220	0,340	0,340	1,530	1,400	1,060	1,250	1,32500	0,4940	0,3197	0,3197	0,1152	0,1359	0,1152
0	5,430	0,2880	0,220	0,340	0,340	1,530	1,400	1,060	1,250	1,32500	0,4940	0,3197	0,3197	0,1152	0,1359	0,1152
0	6,880	0,2496	0,220	0,340	0,340	1,560	1,400	1,060	1,280	1,35680	0,4182	0,2706	0,2706	0,0975	0,1178	0,0975
0	6,880	0,2496	0,220	0,340	0,340	1,560	1,400	1,060	1,280	1,35680	0,4182	0,2706	0,2706	0,0975	0,1178	0,0975
0	9,970	0,1755	0,220	0,340	0,340	1,623	1,400	1,060	1,343	1,42358	0,2801	0,1813	0,1813	0,0653	0,0828	0,0653
0	9,970	0,1755	0,220	0,340	0,340	1,623	1,400	1,060	1,343	1,42358	0,2801	0,1813	0,1813	0,0653	0,0828	0,0653
0	13,060	0,1110	0,220	0,340	0,340	1,687	1,400	1,060	1,407	1,49142	0,1691	0,1094	0,1094	0,0394	0,0524	0,0394
0	13,060	0,1110	0,220	0,340	0,340	1,687	1,400	1,060	1,407	1,49142	0,1691	0,1094	0,1094	0,0394	0,0524	0,0394
Střed rozpětí	16,150	0,0310	0,220	0,340	0,340	1,750	1,400	1,060	1,470	1,55820	0,0452	0,0293	0,0293	0,0105	0,0146	0,0105
	16,150	0,0310	0,220	0,340	0,340	1,750	1,400	1,060	1,470	1,55820	0,0452	0,0293	0,0293	0,0105	0,0146	0,0105
0	19,240	0,1110	0,220	0,340	0,340	1,687	1,400	1,060	1,407	1,49142	0,1691	0,1094	0,1094	0,0394	0,0524	0,0394
0	19,240	0,1110	0,220	0,340	0,340	1,687	1,400	1,060	1,407	1,49142	0,1691	0,1094	0,1094	0,0394	0,0524	0,0394
0	22,330	0,1755	0,220	0,340	0,340	1,623	1,400	1,060	1,343	1,42358	0,2801	0,1813	0,1813	0,0653	0,0828	0,0653
0	22,330	0,1755	0,220	0,340	0,340	1,623	1,400	1,060	1,343	1,42358	0,2801	0,1813	0,1813	0,0653	0,0828	0,0653
0	25,420	0,2496	0,220	0,340	0,340	1,560	1,400	1,060	1,280	1,35680	0,4182	0,2706	0,2706	0,0975	0,1178	0,0975
0	25,420	0,2496	0,220	0,340	0,340	1,560	1,400	1,060	1,280	1,35680	0,4182	0,2706	0,2706	0,0975	0,1178	0,0975
0	26,870	0,2880	0,220	0,340	0,340	1,530	1,400	1,060	1,250	1,32500	0,4940	0,3197	0,3197	0,1152	0,1359	0,1152
0	26,870	0,2880	0,220	0,340	0,340	1,530	1,400	1,060	1,250	1,32500	0,4940	0,3197	0,3197	0,1152	0,1359	0,1152
0	28,320	0,3281	0,220	0,340	0,340	1,500	1,400	1,060	1,220	1,29320	0,5767	0,3731	0,3731	0,1345	0,1548	0,1345
0	28,320	0,3281	0,220	0,340	0,340	1,500	1,400	1,060	1,220	1,29320	0,5767	0,3731	0,3731	0,1345	0,1548	0,1345
0	29,770	0,3631	0,220	0,340	0,340	1,470	1,400	1,060	1,190	1,26140	0,6542	0,4233	0,4233	0,1526	0,1713	0,1526
0	29,770	0,3631	0,220	0,340	0,340	1,470	1,400	1,060	1,190	1,26140	0,6542	0,4233	0,4233	0,1526	0,1713	0,1526
Osa uložení	31,150	0,4073	0,220	0,340	0,340	1,442	1,400	1,060	1,162	1,23172	0,7516	0,4863	0,4863	0,1753	0,1921	0,1753
	31,150	0,1367	0,220	0,340	0,340	1,442	1,400	1,060	1,162	1,23172	0,2523	0,1632	0,1632	0,0588	0,0645	0,0588
Celo	32,300	0,0024	0,220	0,340	0,340	1,418	1,400	1,060	1,138	1,20628	0,0045	0,0029	0,0029	0,0011	0,0011	0,0011

9.3.3.2. Vztah (6.10b)

Poloha	Staničení	l_{Ed}	Tloušťka			Uvažovaná výška průřezu	Vzdálenost vnějších líců stěn	z_i		A_k	Smykové napětí $t_{t,i}$			$V_{Ed,i}$		
			horní desky	stěny	dolní desky			desky	stěny		horní desky	stěny	dolní desky	v horní desce	ve stěnách	v dolní desce
	[m]	[MNm]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m ²]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MN]	[MN]	[MN]
Celo	0,000	0,0024	0,220	0,340	0,340	1,418	1,400	1,060	1,138	1,20628	0,0045	0,0029	0,0029	0,0010	0,0011	0,0010
Osa uložení	1,150	0,1441	0,220	0,340	0,340	1,442	1,400	1,060	1,162	1,23172	0,2660	0,1721	0,1721	0,0620	0,0680	0,0620
	1,150	0,4777	0,220	0,340	0,340	1,442	1,400	1,060	1,162	1,23172	0,8815	0,5704	0,5704	0,2056	0,2254	0,2056
0	2,530	0,4247	0,220	0,340	0,340	1,470	1,400	1,060	1,190	1,26140	0,7651	0,4951	0,4951	0,1784	0,2003	0,1784
	2,530	0,4247	0,220	0,340	0,340	1,470	1,400	1,060	1,190	1,26140	0,7651	0,4951	0,4951	0,1784	0,2003	0,1784
0	3,980	0,3837	0,220	0,340	0,340	1,500	1,400	1,060	1,220	1,29320	0,6744	0,4364	0,4364	0,1573	0,1810	0,1573
	3,980	0,3837	0,220	0,340	0,340	1,500	1,400	1,060	1,220	1,29320	0,6744	0,4364	0,4364	0,1573	0,1810	0,1573
0	5,430	0,3368	0,220	0,340	0,340	1,530	1,400	1,060	1,250	1,32500	0,5777	0,3738	0,3738	0,1347	0,1589	0,1347
	5,430	0,3368	0,220	0,340	0,340	1,530	1,400	1,060	1,250	1,32500	0,5777	0,3738	0,3738	0,1347	0,1589	0,1347
0	6,880	0,2920	0,220	0,340	0,340	1,560	1,400	1,060	1,280	1,35680	0,4891	0,3164	0,3164	0,1140	0,1377	0,1140
	6,880	0,2920	0,220	0,340	0,340	1,560	1,400	1,060	1,280	1,35680	0,4891	0,3164	0,3164	0,1140	0,1377	0,1140
0	9,970	0,2054	0,220	0,340	0,340	1,623	1,400	1,060	1,343	1,42358	0,3279	0,2122	0,2122	0,0765	0,0969	0,0765
	9,970	0,2054	0,220	0,340	0,340	1,623	1,400	1,060	1,343	1,42358	0,3279	0,2122	0,2122	0,0765	0,0969	0,0765
	13,060	0,1315	0,220	0,340	0,340	1,687	1,400	1,060	1,407	1,49142	0,2004	0,1297	0,1297	0,0467	0,0620	0,0467
	13,060	0,1315	0,220	0,340	0,340	1,687	1,400	1,060	1,407	1,49142	0,2004	0,1297	0,1297	0,0467	0,0620	0,0467
Střed rozpětí	16,150	0,0387	0,220	0,340	0,340	1,750	1,400	1,060	1,470	1,55820	0,0565	0,0366	0,0366	0,0132	0,0183	0,0132
	16,150	0,0387	0,220	0,340	0,340	1,750	1,400	1,060	1,470	1,55820	0,0565	0,0366	0,0366	0,0132	0,0183	0,0132
0	19,240	0,1315	0,220	0,340	0,340	1,687	1,400	1,060	1,407	1,49142	0,2004	0,1297	0,1297	0,0467	0,0620	0,0467
	19,240	0,1315	0,220	0,340	0,340	1,687	1,400	1,060	1,407	1,49142	0,2004	0,1297	0,1297	0,0467	0,0620	0,0467
	22,330	0,2054	0,220	0,340	0,340	1,623	1,400	1,060	1,343	1,42358	0,3279	0,2122	0,2122	0,0765	0,0969	0,0765
	22,330	0,2054	0,220	0,340	0,340	1,623	1,400	1,060	1,343	1,42358	0,3279	0,2122	0,2122	0,0765	0,0969	0,0765
0	25,420	0,2920	0,220	0,340	0,340	1,560	1,400	1,060	1,280	1,35680	0,4891	0,3164	0,3164	0,1140	0,1377	0,1140
	25,420	0,2920	0,220	0,340	0,340	1,560	1,400	1,060	1,280	1,35680	0,4891	0,3164	0,3164	0,1140	0,1377	0,1140
0	26,870	0,3368	0,220	0,340	0,340	1,530	1,400	1,060	1,250	1,32500	0,5777	0,3738	0,3738	0,1347	0,1589	0,1347
	26,870	0,3368	0,220	0,340	0,340	1,530	1,400	1,060	1,250	1,32500	0,5777	0,3738	0,3738	0,1347	0,1589	0,1347
0	28,320	0,3837	0,220	0,340	0,340	1,500	1,400	1,060	1,220	1,29320	0,6744	0,4364	0,4364	0,1573	0,1810	0,1573
	28,320	0,3837	0,220	0,340	0,340	1,500	1,400	1,060	1,220	1,29320	0,6744	0,4364	0,4364	0,1573	0,1810	0,1573
0	29,770	0,4247	0,220	0,340	0,340	1,470	1,400	1,060	1,190	1,26140	0,7651	0,4951	0,4951	0,1784	0,2003	0,1784
	29,770	0,4247	0,220	0,340	0,340	1,470	1,400	1,060	1,190	1,26140	0,7651	0,4951	0,4951	0,1784	0,2003	0,1784
Osa uložení	31,150	0,4777	0,220	0,340	0,340	1,442	1,400	1,060	1,162	1,23172	0,8815	0,5704	0,5704	0,2056	0,2254	0,2056
	31,150	0,1441	0,220	0,340	0,340	1,442	1,400	1,060	1,162	1,23172	0,2660	0,1721	0,1721	0,0620	0,0680	0,0620
Celo	32,300	0,0024	0,220	0,340	0,340	1,418	1,400	1,060	1,138	1,20628	0,0045	0,0029	0,0029	0,0010	0,0011	0,0010

9.3.4. OVĚŘENÍ PLOCHY PODÉLNÉ VÝZTUŽE

Poloha	Staničení [m]	Skutečná výztuž $A_{sl,skut.}$ [m ²]	u_k [m]	f_{yd} [MPa]	T_{Ed} (obálka 6.10a,b) [MNm]	A_k [m ²]	Q [rad]	Nutná výztuž $A_{sl,nut}$ [m ²]	Posou- zení	Zbývající tahová síla [MN]
Celo	0,000	0,00415	5,636	345,455	0,0024	1,20628	0,43633	0,000035	VYHOVÍ	0,0000
Osa uložení	1,150	0,00415	5,684	345,455	0,1441	1,23172	0,43633	0,002065	VYHOVÍ	0,0000
	1,150	0,00415	5,684	345,455	0,4777	1,23172	0,43633	0,006843	NEVYHOVÍ	0,9292
0	2,530	0,00415	5,740	345,455	0,4247	1,26140	0,43633	0,005998	NEVYHOVÍ	0,6373
	0	2,530	0,00415	5,740	0,4247	1,26140	0,43633	0,005998	NEVYHOVÍ	0,6373
0	3,980	0,00415	5,800	345,455	0,3837	1,29320	0,43633	0,005342	NEVYHOVÍ	0,4106
	0	3,980	0,00415	5,800	0,3837	1,29320	0,43633	0,005342	NEVYHOVÍ	0,4106
0	5,430	0,00415	5,860	345,455	0,3368	1,32500	0,43633	0,004623	NEVYHOVÍ	0,1623
	0	5,430	0,00415	5,860	0,3368	1,32500	0,43633	0,004623	NEVYHOVÍ	0,1623
0	6,880	0,00415	5,920	345,455	0,2920	1,35680	0,43633	0,003954	VYHOVÍ	0,0000
	0	6,880	0,00415	5,920	0,2920	1,35680	0,43633	0,003954	VYHOVÍ	0,0000
0	9,970	0,00415	6,046	345,455	0,2054	1,42358	0,43633	0,002708	VYHOVÍ	0,0000
	0	9,970	0,00415	6,046	0,2054	1,42358	0,43633	0,002708	VYHOVÍ	0,0000
	0	13,060	0,00415	6,174	0,1315	1,49142	0,43633	0,001690	VYHOVÍ	0,0000
	0	13,060	0,00415	6,174	0,1315	1,49142	0,43633	0,001690	VYHOVÍ	0,0000
Střed rozpětí	16,150	0,00415	6,300	345,455	0,0387	1,55820	0,43633	0,000486	VYHOVÍ	0,0000
	16,150	0,00415	6,300	345,455	0,0387	1,55820	0,43633	0,000486	VYHOVÍ	0,0000
0	19,240	0,00415	6,174	345,455	0,1315	1,49142	0,43633	0,001690	VYHOVÍ	0,0000
	0	19,240	0,00415	6,174	0,1315	1,49142	0,43633	0,001690	VYHOVÍ	0,0000
	0	22,330	0,00415	6,046	0,2054	1,42358	0,43633	0,002708	VYHOVÍ	0,0000
	0	22,330	0,00415	6,046	0,2054	1,42358	0,43633	0,002708	VYHOVÍ	0,0000
0	25,420	0,00415	5,920	345,455	0,2920	1,35680	0,43633	0,003954	VYHOVÍ	0,0000
	0	25,420	0,00415	5,920	0,2920	1,35680	0,43633	0,003954	VYHOVÍ	0,0000
0	26,870	0,00415	5,860	345,455	0,3368	1,32500	0,43633	0,004623	NEVYHOVÍ	0,1623
	0	26,870	0,00415	5,860	0,3368	1,32500	0,43633	0,004623	NEVYHOVÍ	0,1623
0	28,320	0,00415	5,800	345,455	0,3837	1,29320	0,43633	0,005342	NEVYHOVÍ	0,4106
	0	28,320	0,00415	5,800	0,3837	1,29320	0,43633	0,005342	NEVYHOVÍ	0,4106
0	29,770	0,00415	5,740	345,455	0,4247	1,26140	0,43633	0,005998	NEVYHOVÍ	0,6373
	0	29,770	0,00415	5,740	0,4247	1,26140	0,43633	0,005998	NEVYHOVÍ	0,6373
Osa uložení	31,150	0,00415	5,684	345,455	0,4777	1,23172	0,43633	0,006843	NEVYHOVÍ	0,9292
	31,150	0,00415	5,684	345,455	0,1441	1,23172	0,43633	0,002065	VYHOVÍ	0,0000
Celo	32,300	0,00415	5,636	345,455	0,0024	1,20628	0,43633	0,000035	VYHOVÍ	0,0000

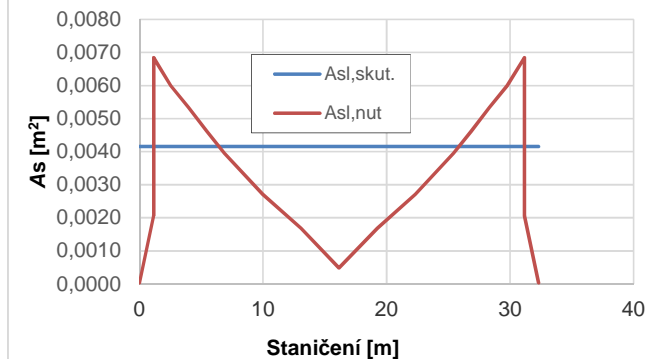
Skutečná výztuž v konstrukci - krajní díly:

Pol.	f [mm]	ks	A_s [mm ²]
8, 10	14	44	4153,1
-			0,0
-			0,0
-			0,0
-			0,0
-			0,0
			4153,1

Skutečná výztuž v konstrukci - střední díl:

Pol.	f [mm]	ks	A_s [mm ²]
8, 10	14	44	4153,1
-			0,0
-			0,0
-			0,0
			4153,1

OVĚŘENÍ PODÉLNÉ VÝZTUŽE NA KROUCENÍ



V blízkosti uložení samotná podélná betonářská výztuž z hlediska kroucení nevyhoví. Lze ale předpokládat, že po započítání předpínací výztuže (odpovídající využitelné síle dané rozdílem mezi maximálním přípustným napětím a aktuálním napětím po ztrátách) konstrukce vyhoví.

9.3.5. STANOVENÍ ZATÍŽITELNOSTI NA ZÁKLADĚ SMYKOVÉ ÚNOSNOSTI STĚN NA KOMBINOVANÉ ÚČINKY SMYKU A KROUCENÍ

Interakce kroucení a smyku se u komorových konstrukcí posoudí tak, že každá stěna (deska) průřezu se samostatně posoudí na celkové účinky smyku a kroucení (převedeného na náhradní smykové síly).

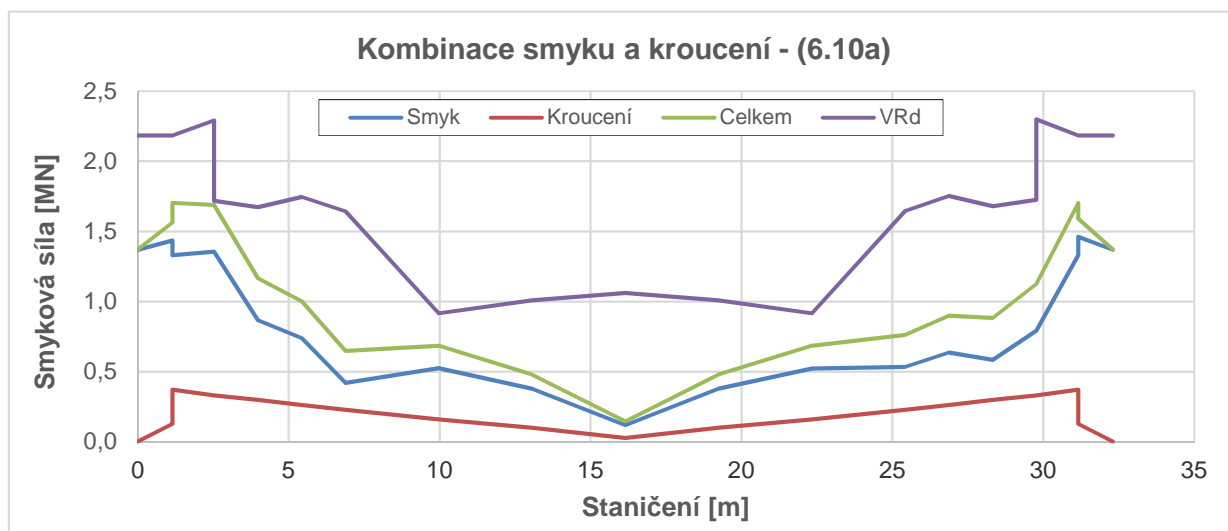
Účinky kroucení a smyku u dutých a plných průřezů lze superponovat za předpokladu stejného sklonu Q tlakových diagonál. Meze pro Q platné pro namáhání smykem se uplatní i v případě kombinace smyku a kroucení.

Zatížitelnost je stanovena iteračním postupem. Výsledná hodnota zatížitelnosti je ... **$Z_{UIC} = 0,710$**

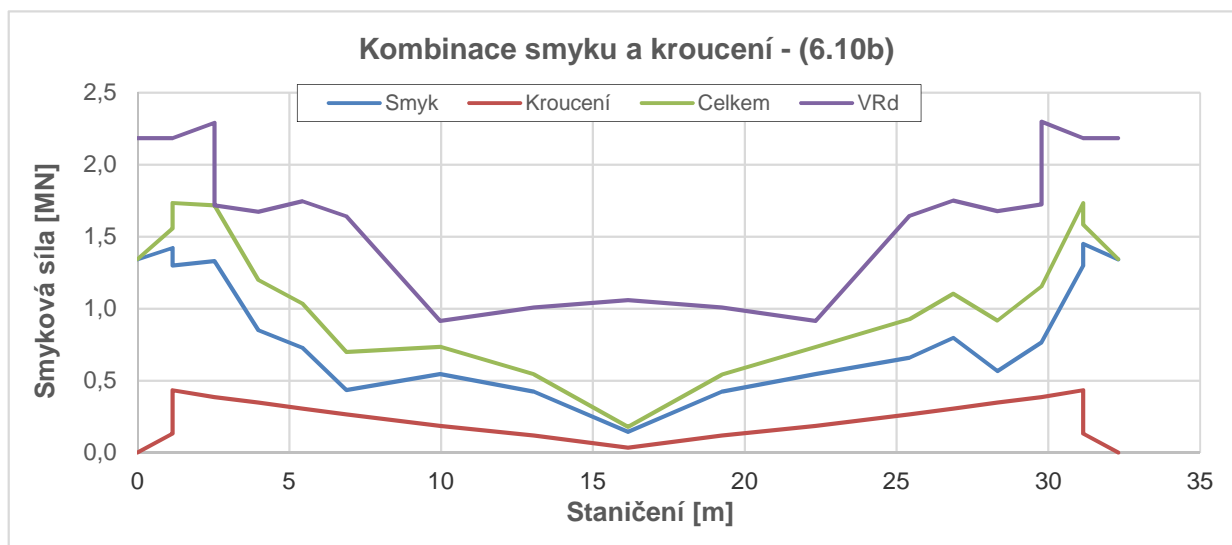
9.3.5.1. Vztah (6.10a)

Protože zde posoudíme na smyk celý komorový průřez, připočítáme náhradní sílu od kroucení v jedné stěně dvakrát.

Při posouzení uvažujeme smykovou únosnost konstrukce se smykovou výztuží spočítanou v kap. 9.2.1.3. Toto ověření zahrnuje i posouzení tlačené betonové diagonály.



9.3.5.2. Vztah (6.10b)



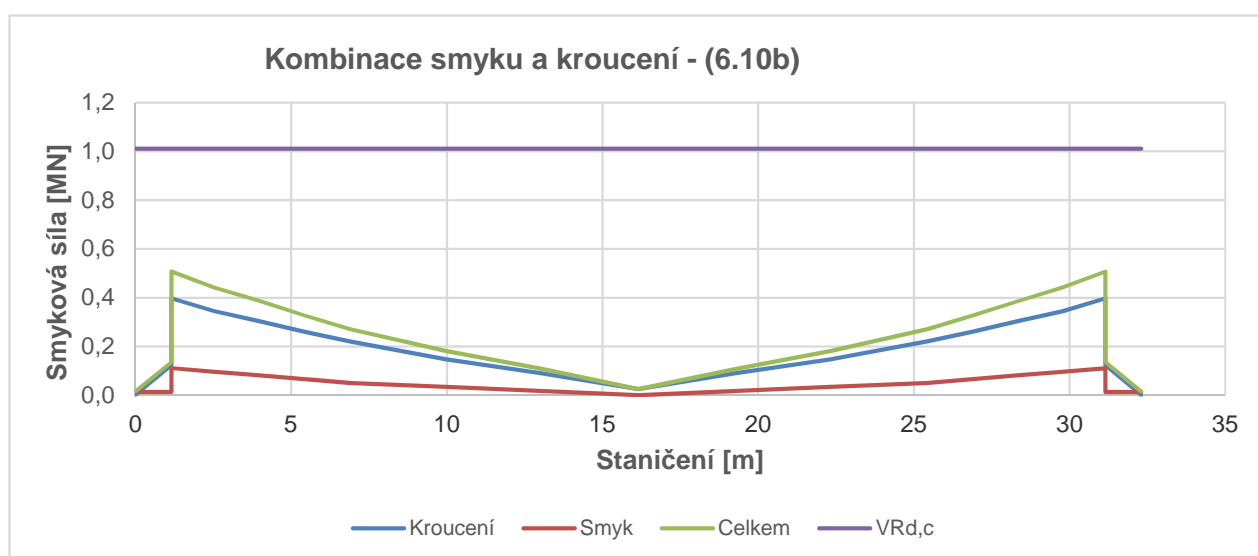
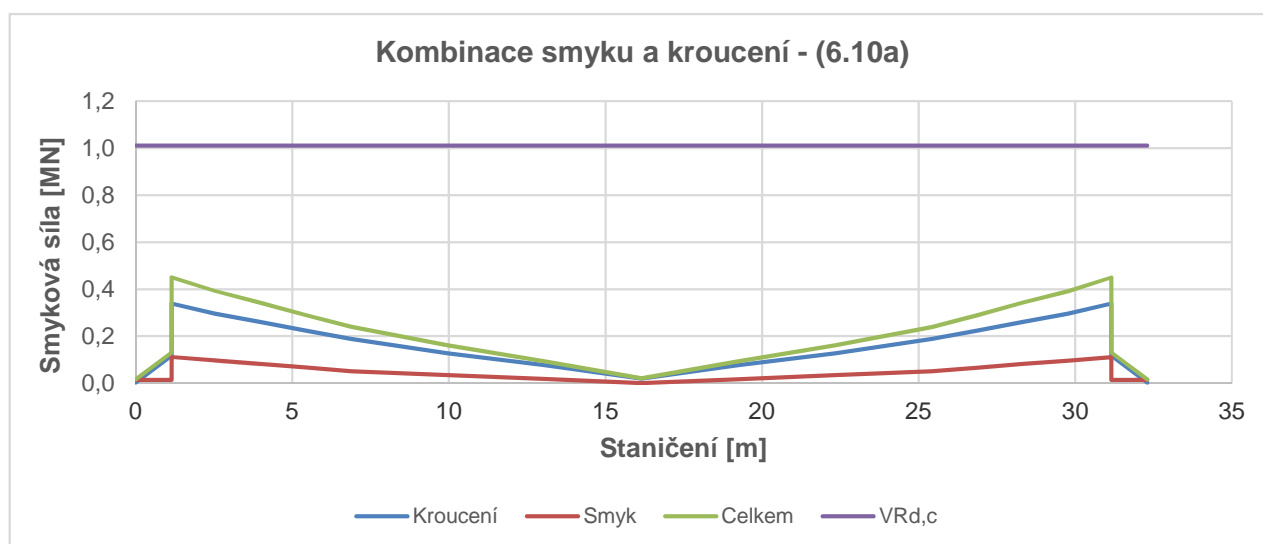
9.3.6. OVĚŘENÍ SMYKOVÉ ÚNOSNOSTI DESEK NA KOMBINOVANÉ ÚČINKY SMYKU A KROUCENÍ

9.3.6.1. Smyková únosnost desek ve vodorovném směru

Příčná betonářská výztuž v horní desce se využívá i pro namáhání z koleje (tíha kolejového lože, svislé pohyblivé zatížení apod.), příčná betonářská výztuž v dolní desce (její horní vrstva) není z hlediska smyku a kroucení odpovídajícím způsobem zakotvena. Únosnost tedy stanovíme jako u prvku bez uvažování smykové výztuže. Pokud by tímto způsobem nebylo dosaženo potřebné zatížitelnosti, provede se podrobnější posouzení.

Smyková únosnost byla stanovena stejným postupem jako v kap. 9.2.1.2.

9.3.6.2. Ověření průřezů



Vyhoví s vysokou rezervou - tento mezní stav není pro zatížitelnost rozhodující.

9.4. ÚNAVA

9.4.1. TLAČENÝ BETON - NAMÁHÁNÍ OHYBEM A NORMÁL.SILOU

9.4.1.1. Namáhání M+N - postup EN 1992-2, Příloha NN

9.4.1.1.1. Úvod

Ověření únavové odolnosti betonu namáhaného tlakem provedeme podle [8], Příloha NN, čl. NN.3.2. Odolnost betonu lze podle tohoto postupu považovat za dostatečnou, pokud je splněna následující podmínka:

$$14 \cdot \frac{1 - E_{cd,max, equ}}{\sqrt{1 - R_{equ}}} \geq 6, \text{ kde:}$$

$$R_{equ} = \frac{E_{cd,min, equ}}{E_{cd,max, equ}}; \quad E_{cd,min, equ} = g_{sd} \cdot \frac{s_{cd,min, equ}}{f_{cd, fat}}; \quad E_{cd,max, equ} = g_{sd} \cdot \frac{s_{cd,max, equ}}{f_{cd, fat}}$$

$s_{cd,max, equ}$ a $s_{cd,min, equ}$ jsou horní a dolní napětí poškozujícího ekvivalentního napěťového spektra pro počet cyklů $N = 10^6$. Vypočtou se z následujících vztahů:

$$s_{cd,max, equ} = s_{c, perm} + I_c \cdot (s_{c,max, 71} - s_{c, perm})$$

$$s_{cd,min, equ} = s_{c, perm} - I_c \cdot (s_{c, perm} - s_{c,min, 71}), \text{ kde:}$$

$s_{c, perm}$ je tlakové napětí betonu vyvozené charakteristickou kombinací zatížení bez Modelu zatížení 71,

$s_{c,max, 71}$ je maximální tlakové napětí vyvozené charakteristickou kombinací zatížení včetně Modelu zatížení 71 s dynamickým součinitelem F ,

$s_{c,min, 71}$ je minimální tlakové napětí vyvozené charakteristickou kombinací zatížení včetně Modelu zatížení 71 s dynamickým součinitelem F ,

Při výpočtu normálových napětí uvažujeme průměrnou hodnotu mezi časem uvedení do provozu a časem na konci životnosti.

$f_{cd, fat}$ je návrhová hodnota únavové pevnosti betonu v tlaku, která se stanoví podle vzorce:

$$f_{cd, fat} = k_1 \cdot b_{cc}(t_0) \cdot f_{cd} \cdot \frac{f_{ck}}{250}^{\frac{2}{3}}, \text{ kde:}$$

$$k_1 = 0,85 \quad (\text{doporučená hodnota pro } 10^6 \text{ cyklů}),$$

$b_{cc}(t_0)$ je součinitel pro stanovení pevnosti betonu v tlaku v okamžiku prvního zatížení:

$$b_{cc}(t) = \exp \left[\frac{1}{\beta} \left(\frac{t}{t_0} \right)^{\frac{1}{\beta}} - 1 \right] \cdot \sqrt{\frac{28}{t_0}}$$

Předpokládaná třída cementu (1 = R, 2 = N, 3 = S): 2 => s = 0,25

$$t = 182,0 \text{ dní}$$

$$b_{cc}(t) = 1,164$$

$$f_{ck} = 35,000 \text{ MPa,}$$

$$f_{cd} = 23,333 \text{ MPa,}$$

$$f_{cd,fat} = 19,856 \text{ MPa,}$$

g_{Sd} je dílčí součinitel modelové nejistoty pro zatížení a silové účinky určený pro ověření únavové odolnosti:

$$g_{Sd} = 1,00 \quad \dots \text{ podle } [8], \text{ čl. 4.3.7.2,}$$

I_c je opravný součinitel pro výpočet horního a dolního napětí poškozujícího ekvivalentního napětového spektra z napětí vyvozeného Modelem zatížení 71, kterým se započítává vliv stálého napětí, rozpětí, objemu roční dopravy, návrhové životnosti a počtu kolejí. Lze ho vypočítat ze vztahu:

$$I_c = I_{c,0} \cdot I_{c,1} \cdot I_{c,2,3} \cdot I_{c,4}, \text{ kde:}$$

$I_{c,0}$ je součinitel zohledňující vliv trvale působícího napětí; může být spočítán ze vztahů:

$$1) \text{ pro tlačnou oblast } \dots \quad I_{c,0} = 0,94 + 0,2 \cdot \frac{S_{c,perm}}{f_{cd,fat}} \geq 1,0$$

$$2) \text{ pro předtlačnou tahovou oblast (včetně vlivu předpětí) } \dots \quad I_{c,0} = 1,00$$

$I_{c,1}$ je součinitel zohledňující pro konstrukční prvek (např. prostý nosník) poškozující účinek dopravy v závislosti na rozhodující délce příčinkové čáry nebo plochy. Hodnoty pro běžnou i těžkou dopravu lze určit z [8], tab. NN.3.

Hodnoty $I_{c,1}$ pro prosté nosníky ...

	L [m]	s^* (běžná smíšená doprava)	h^* (těžká smíšená doprava)
[1] - tlačná oblast	≤ 2	0,70	0,70
	≥ 20	0,75	0,75
[2] - předtlačná tahová oblast	≤ 2	0,95	1,00
	≥ 20	0,90	0,90

Pro mezilehlé hodnoty je možno interpolovat podle vztahu:

$$I_{c,1}(L) = I_{c,1}(2m) + [I_{c,1}(20m) - I_{c,1}(2m)] \cdot (\log L - 0,3)$$

V našem případě ...

... pro těžkou dopravu ...
 ... prostý nosník ...
 ... $L = 30,000 \text{ m}$... } \Rightarrow

\Rightarrow ... tlačná oblast (horní vlákna) ...

$$I_{c,1} = 0,70 + [0,75 - 0,70] \cdot$$

$$\cdot (\log 30,000 - 0,3) = 0,759$$

=> ... předtlačená oblast (dolní vlákna) ...

$$I_{c,1} = 1,00 + [0,90 - 1,00] \cdot (\log 30,000 - 0,3) = 0,882$$

$I_{c,2,3}$ je součinitel zohledňující roční objem dopravy a návrhové životnosti mostu a lze ho vypočítat ze vztahu:

$$I_{c,2,3} = 1 + \frac{1}{8} \cdot \log \frac{Vol}{25 \cdot 10^6} + \frac{1}{8} \cdot \log \frac{N_{years}}{100}, \text{ kde:}$$

Vol je objem dopravy (tuny/rok/kolej), uvažujeme ... $Vol = 5,00E+07$

N_{years} je návrhová životnost mostu, uvažujeme ... $N_{years} = 100,0$ let

$$I_{c,2,3} = 1,038$$

$I_{c,4}$ je součinitel, který se použije, pokud je konstrukční prvek zatěžován více než jednou kolejí;

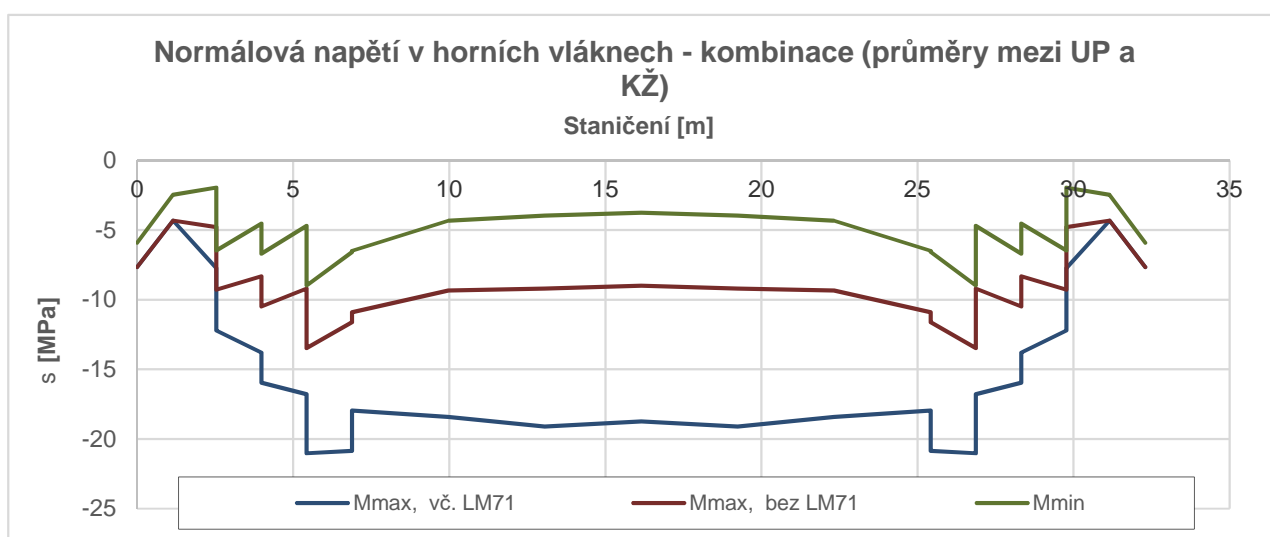
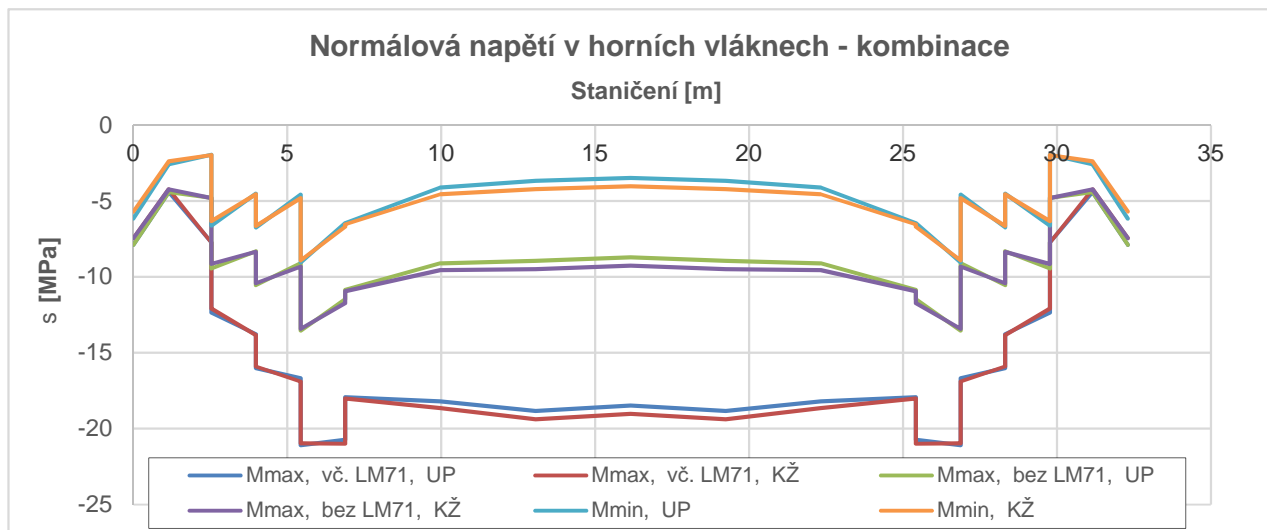
v našem případě je prefabrikovaný nosník vystaven účinkům zatížení pouze z jedné koleje =>

$$I_{c,4} = 1,00$$

9.4.1.1.2. Kombinace normálových napětí - horní vlákna

Jsou sestaveny kombinace pro maximální i pro minimální hodnotu normálových napětí. Pro posouzení únavy se uvažují průměrné hodnoty napětí mezi časem uvedení do provozu a časem na konci životnosti.

Jako hlavní proměnné zatížení uvažujeme zatížení dopravou (1,0.LM71).

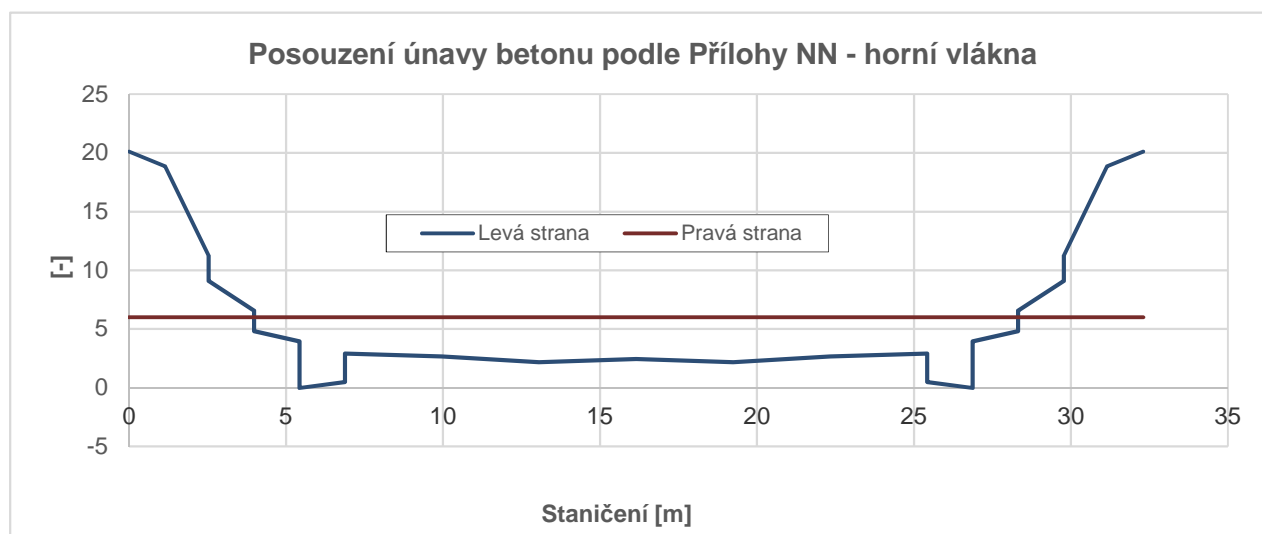


9.4.1.1.3. Posouzení únavy betonu - horní vlákna

Poloha	Staničení [m]	$S_{c,perm}$ [MPa]	$S_{c,max,71}$ [MPa]	$S_{c,min,71}$ [MPa]	$f_{cd,fat}$ [MPa]
Čelo	0,000	7,661	7,661	5,912	19,856
Osa uložení	1,150	4,316	4,316	2,465	19,856
	1,150	4,316	4,316	2,465	19,856
0	2,530	4,787	7,723	1,950	19,856
	2,530	9,296	12,216	6,462	19,856
0	3,980	8,318	13,798	4,532	19,856
	3,980	10,479	15,947	6,696	19,856
0	5,430	9,199	16,785	4,683	19,856
	5,430	13,482	21,031	8,975	19,856
0	6,880	11,603	20,864	6,565	19,856
	6,880	10,899	17,968	6,485	19,856
0	9,970	9,333	18,417	4,329	19,856
	9,970	9,333	18,417	4,329	19,856
	13,060	9,207	19,115	3,945	19,856
	13,060	9,207	19,115	3,945	19,856
Střed rozpětí	16,150	8,983	18,746	3,749	19,856
	16,150	8,983	18,746	3,749	19,856
0	19,240	9,207	19,115	3,945	19,856
	19,240	9,207	19,115	3,945	19,856
	22,330	9,333	18,417	4,329	19,856
	22,330	9,333	18,417	4,329	19,856
0	25,420	10,899	17,968	6,485	19,856
	25,420	11,603	20,864	6,565	19,856
0	26,870	13,482	21,031	8,975	19,856
	26,870	9,199	16,785	4,683	19,856
0	28,320	10,479	15,947	6,696	19,856
	28,320	8,318	13,798	4,532	19,856
0	29,770	9,296	12,216	6,462	19,856
	29,770	4,787	7,723	1,950	19,856
Osa uložení	31,150	4,316	4,316	2,465	19,856
	31,150	4,316	4,316	2,465	19,856
Čelo	32,300	7,661	7,661	5,912	19,856

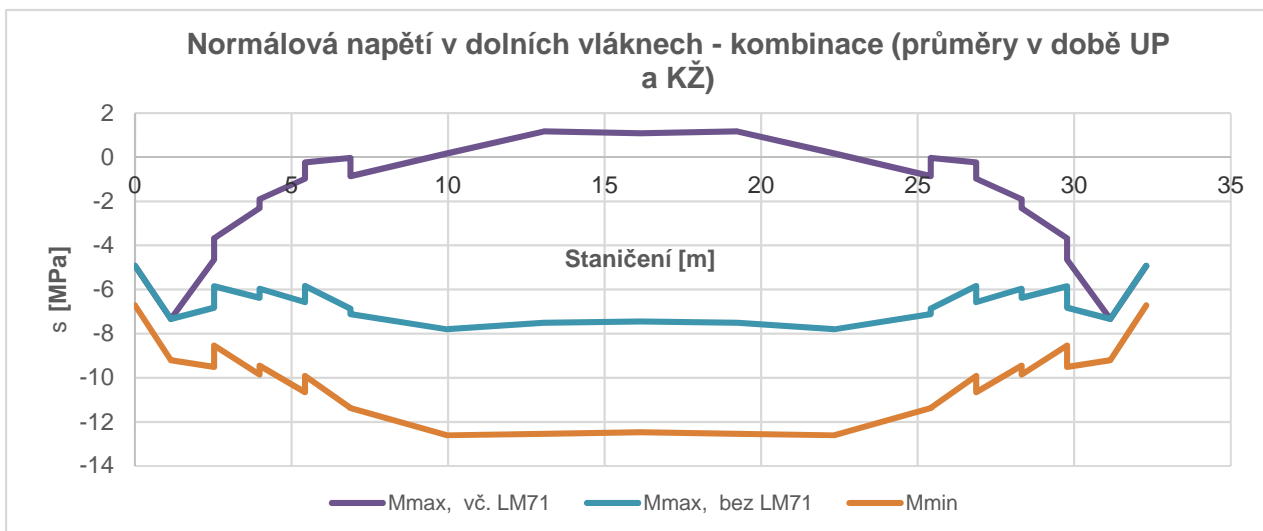
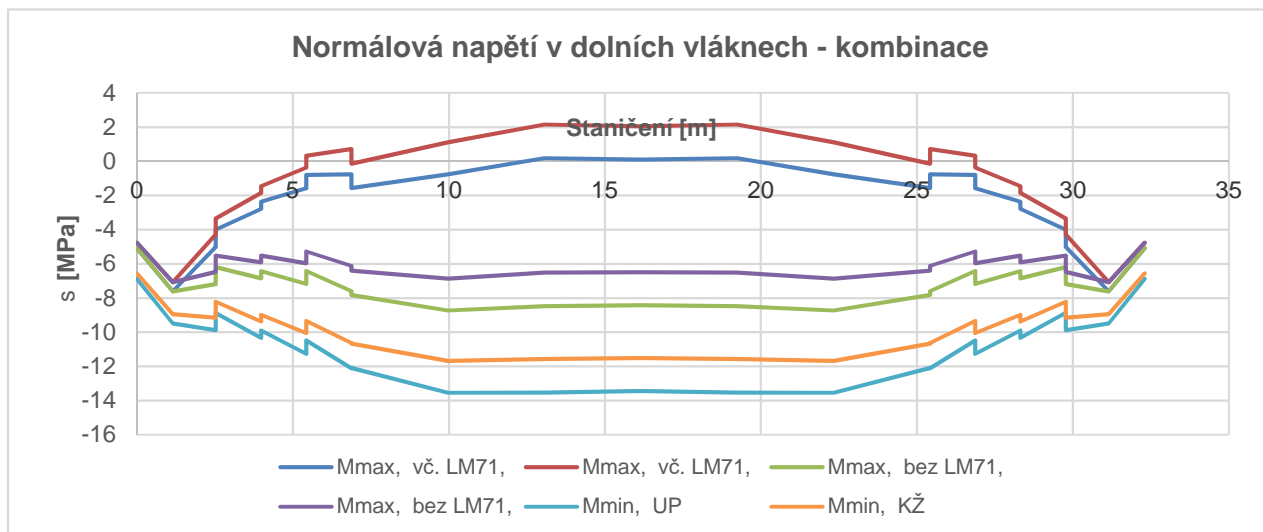
Poloha	Staničení [m]	I _c						
		I _{c,0,spoč.}	I _{c,0,max.}	I _{c,0}	I _{c,1}	I _{c,2,3}	I _{c,4}	I _c
Celo	0,000	1,017	1,000	1,017	0,759	1,038	1,000	0,801
Osa uložení	1,150	0,983	1,000	1,000	0,759	1,038	1,000	0,787
	1,150	0,983	1,000	1,000	0,759	1,038	1,000	0,787
0	2,530	0,988	1,000	1,000	0,759	1,038	1,000	0,787
	2,530	1,034	1,000	1,034	0,759	1,038	1,000	0,814
0	3,980	1,024	1,000	1,024	0,759	1,038	1,000	0,806
	3,980	1,046	1,000	1,046	0,759	1,038	1,000	0,823
0	5,430	1,033	1,000	1,033	0,759	1,038	1,000	0,813
	5,430	1,076	1,000	1,076	0,759	1,038	1,000	0,847
0	6,880	1,057	1,000	1,057	0,759	1,038	1,000	0,832
	6,880	1,050	1,000	1,050	0,759	1,038	1,000	0,827
0	9,970	1,034	1,000	1,034	0,759	1,038	1,000	0,814
	9,970	1,034	1,000	1,034	0,759	1,038	1,000	0,814
	13,060	1,033	1,000	1,033	0,759	1,038	1,000	0,813
	13,060	1,033	1,000	1,033	0,759	1,038	1,000	0,813
Střed rozpětí	16,150	1,030	1,000	1,030	0,759	1,038	1,000	0,811
	16,150	1,030	1,000	1,030	0,759	1,038	1,000	0,811
0	19,240	1,033	1,000	1,033	0,759	1,038	1,000	0,813
	19,240	1,033	1,000	1,033	0,759	1,038	1,000	0,813
	22,330	1,034	1,000	1,034	0,759	1,038	1,000	0,814
	22,330	1,034	1,000	1,034	0,759	1,038	1,000	0,814
0	25,420	1,050	1,000	1,050	0,759	1,038	1,000	0,827
	25,420	1,057	1,000	1,057	0,759	1,038	1,000	0,832
0	26,870	1,076	1,000	1,076	0,759	1,038	1,000	0,847
	26,870	1,033	1,000	1,033	0,759	1,038	1,000	0,813
0	28,320	1,046	1,000	1,046	0,759	1,038	1,000	0,823
	28,320	1,024	1,000	1,024	0,759	1,038	1,000	0,806
0	29,770	1,034	1,000	1,034	0,759	1,038	1,000	0,814
	29,770	0,988	1,000	1,000	0,759	1,038	1,000	0,787
Osa uložení	31,150	0,983	1,000	1,000	0,759	1,038	1,000	0,787
	31,150	0,983	1,000	1,000	0,759	1,038	1,000	0,787
Celo	32,300	1,017	1,000	1,017	0,759	1,038	1,000	0,801

Poloha	$s_{cd,max,eq}$	$s_{cd,min,eq}$	g_{Sd}	$E_{cd,min,eq}$	$E_{cd,max,eq}$	R_{eq}	Nerovnice		Posouzení
	[MPa]	[MPa]					Levá strana	Pravá strana	
Celo	7,661	6,260	1,000	0,315	0,386	0,817	20,109	6,000	VYHOVÍ
Osa uložení	4,316	2,859	1,000	0,144	0,217	0,662	18,857	6,000	VYHOVÍ
	4,316	2,859	1,000	0,144	0,217	0,662	18,857	6,000	VYHOVÍ
0	7,099	2,553	1,000	0,129	0,358	0,360	11,240	6,000	VYHOVÍ
0	11,673	6,990	1,000	0,352	0,588	0,599	9,109	6,000	VYHOVÍ
0	12,736	5,266	1,000	0,265	0,641	0,413	6,555	6,000	VYHOVÍ
0	14,980	7,365	1,000	0,371	0,754	0,492	4,821	6,000	NEVYHOVÍ
0	15,367	5,527	1,000	0,278	0,774	0,360	3,955	6,000	NEVYHOVÍ
0	19,877	9,664	1,000	0,487	1,001	0,486	-0,021	6,000	NEVYHOVÍ
0	19,310	7,410	1,000	0,373	0,973	0,384	0,490	6,000	NEVYHOVÍ
0	16,743	7,250	1,000	0,365	0,843	0,433	2,915	6,000	NEVYHOVÍ
0	16,729	5,259	1,000	0,265	0,843	0,314	2,662	6,000	NEVYHOVÍ
0	16,729	5,259	1,000	0,265	0,843	0,314	2,662	6,000	NEVYHOVÍ
0	17,264	4,928	1,000	0,248	0,869	0,285	2,161	6,000	NEVYHOVÍ
0	17,264	4,928	1,000	0,248	0,869	0,285	2,161	6,000	NEVYHOVÍ
Střed rozpětí	16,905	4,736	1,000	0,239	0,851	0,280	2,452	6,000	NEVYHOVÍ
	16,905	4,736	1,000	0,239	0,851	0,280	2,452	6,000	NEVYHOVÍ
0	17,264	4,928	1,000	0,248	0,869	0,285	2,161	6,000	NEVYHOVÍ
0	17,264	4,928	1,000	0,248	0,869	0,285	2,161	6,000	NEVYHOVÍ
0	16,729	5,259	1,000	0,265	0,843	0,314	2,662	6,000	NEVYHOVÍ
0	16,729	5,259	1,000	0,265	0,843	0,314	2,662	6,000	NEVYHOVÍ
0	16,743	7,250	1,000	0,365	0,843	0,433	2,915	6,000	NEVYHOVÍ
0	19,310	7,410	1,000	0,373	0,973	0,384	0,490	6,000	NEVYHOVÍ
0	19,877	9,664	1,000	0,487	1,001	0,486	-0,021	6,000	NEVYHOVÍ
0	15,367	5,527	1,000	0,278	0,774	0,360	3,955	6,000	NEVYHOVÍ
0	14,980	7,365	1,000	0,371	0,754	0,492	4,821	6,000	NEVYHOVÍ
0	12,736	5,266	1,000	0,265	0,641	0,413	6,555	6,000	VYHOVÍ
0	11,673	6,990	1,000	0,352	0,588	0,599	9,109	6,000	VYHOVÍ
0	7,099	2,553	1,000	0,129	0,358	0,360	11,240	6,000	VYHOVÍ
Osa uložení	4,316	2,859	1,000	0,144	0,217	0,662	18,857	6,000	VYHOVÍ
	4,316	2,859	1,000	0,144	0,217	0,662	18,857	6,000	VYHOVÍ
Celo	7,661	6,260	1,000	0,315	0,386	0,817	20,109	6,000	VYHOVÍ



9.4.1.1.4. Kombinace normálových napětí - dolní vlákna

Přehled výsledků:

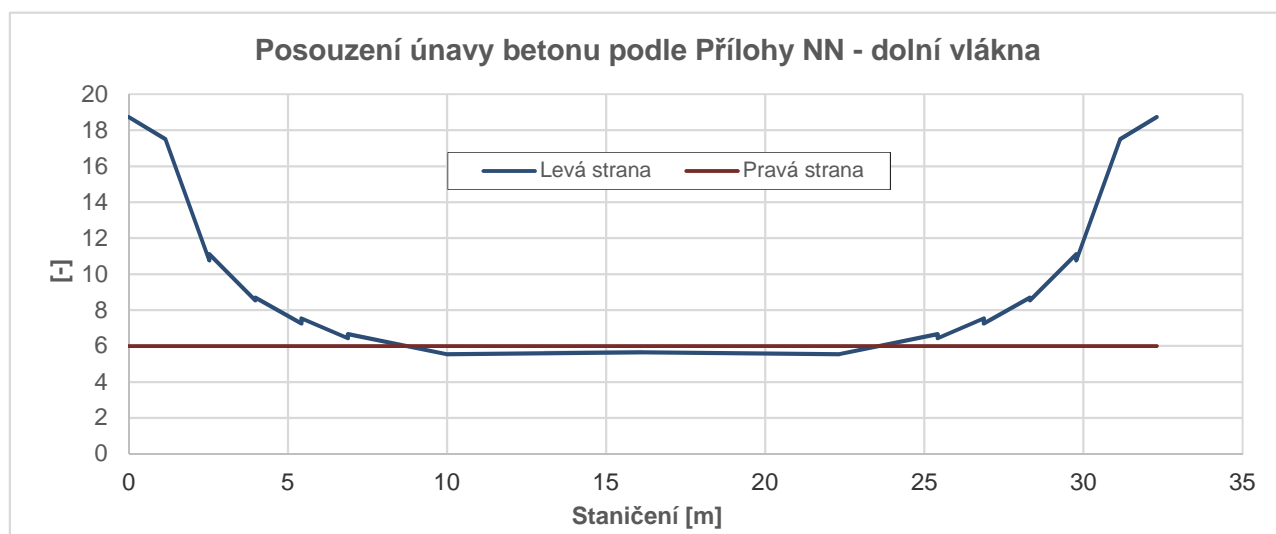


9.4.1.5.3. Posouzení únavy betonu - dolní vlákna

Poloha	Staničení [m]	$S_{c,perm}$ [MPa]	$S_{c,max,71}$ [MPa]	$S_{c,min,71}$ [MPa]	$f_{cd,fat}$ [MPa]
Čelo	0,000	4,919	6,713	4,919	19,856
Osa uložení	1,150	7,337	9,210	7,337	19,856
	1,150	7,337	9,210	7,337	19,856
0	2,530	6,827	9,516	4,645	19,856
	2,530	5,853	8,541	3,674	19,856
0	3,980	6,380	9,854	2,314	19,856
	3,980	5,973	9,446	1,910	19,856
0	5,430	6,578	10,656	0,969	19,856
	5,430	5,835	9,911	0,234	19,856
0	6,880	6,861	11,374	0,024	19,856
	6,880	7,109	11,377	0,854	19,856
0	9,970	7,801	12,609	0,000	19,856
	9,970	7,801	12,609	0,000	19,856
	13,060	7,500	12,546	0,000	19,856
	13,060	7,500	12,546	0,000	19,856
Střed rozpětí	16,150	7,452	12,473	0,000	19,856
	16,150	7,452	12,473	0,000	19,856
0	19,240	7,500	12,546	0,000	19,856
	19,240	7,500	12,546	0,000	19,856
	22,330	7,801	12,609	0,000	19,856
	22,330	7,801	12,609	0,000	19,856
0	25,420	7,109	11,377	0,854	19,856
	25,420	6,861	11,374	0,024	19,856
0	26,870	5,835	9,911	0,234	19,856
	26,870	6,578	10,656	0,969	19,856
0	28,320	5,973	9,446	1,910	19,856
	28,320	6,380	9,854	2,314	19,856
0	29,770	5,853	8,541	3,674	19,856
	29,770	6,827	9,516	4,645	19,856
Osa uložení	31,150	7,337	9,210	7,337	19,856
	31,150	7,337	9,210	7,337	19,856
Čelo	32,300	4,919	6,713	4,919	19,856

Poloha	Staničení [m]	l _c						
		l _{c,0,spoč.}	l _{c,0,max.}	l _{c,0}	l _{c,1}	l _{c,2,3}	l _{c,4}	l _c
Celo	0,000	-	-	1,000	0,882	1,038	1,000	0,915
Osa uložení	1,150	-	-	1,000	0,882	1,038	1,000	0,915
	1,150	-	-	1,000	0,882	1,038	1,000	0,915
0	2,530	-	-	1,000	0,882	1,038	1,000	0,915
	2,530	-	-	1,000	0,882	1,038	1,000	0,915
0	3,980	-	-	1,000	0,882	1,038	1,000	0,915
	3,980	-	-	1,000	0,882	1,038	1,000	0,915
0	5,430	-	-	1,000	0,882	1,038	1,000	0,915
	5,430	-	-	1,000	0,882	1,038	1,000	0,915
0	6,880	-	-	1,000	0,882	1,038	1,000	0,915
	6,880	-	-	1,000	0,882	1,038	1,000	0,915
0	9,970	-	-	1,000	0,882	1,038	1,000	0,915
	9,970	-	-	1,000	0,882	1,038	1,000	0,915
0	13,060	-	-	1,000	0,882	1,038	1,000	0,915
	13,060	-	-	1,000	0,882	1,038	1,000	0,915
Střed rozpětí	16,150	-	-	1,000	0,882	1,038	1,000	0,915
	16,150	-	-	1,000	0,882	1,038	1,000	0,915
0	19,240	-	-	1,000	0,882	1,038	1,000	0,915
	19,240	-	-	1,000	0,882	1,038	1,000	0,915
0	22,330	-	-	1,000	0,882	1,038	1,000	0,915
	22,330	-	-	1,000	0,882	1,038	1,000	0,915
0	25,420	-	-	1,000	0,882	1,038	1,000	0,915
	25,420	-	-	1,000	0,882	1,038	1,000	0,915
0	26,870	-	-	1,000	0,882	1,038	1,000	0,915
	26,870	-	-	1,000	0,882	1,038	1,000	0,915
0	28,320	-	-	1,000	0,882	1,038	1,000	0,915
	28,320	-	-	1,000	0,882	1,038	1,000	0,915
0	29,770	-	-	1,000	0,882	1,038	1,000	0,915
	29,770	-	-	1,000	0,882	1,038	1,000	0,915
Osa uložení	31,150	-	-	1,000	0,882	1,038	1,000	0,915
	31,150	-	-	1,000	0,882	1,038	1,000	0,915
Celo	32,300	-	-	1,000	0,882	1,038	1,000	0,915

Poloha	$s_{cd,max,eq}$	$s_{cd,min,eq}$	g_{sd}	$E_{cd,min,eq}$	$E_{cd,max,eq}$	R_{eq}	Nerovnice		Posouzení
	[MPa]	[MPa]					Levá strana	Pravá strana	
Celo	6,561	4,919	1,000	0,248	0,330	0,750	18,734	6,000	VYHOVÍ
Osa uložení	9,052	7,337	1,000	0,370	0,456	0,811	17,501	6,000	VYHOVÍ
	9,052	7,337	1,000	0,370	0,456	0,811	17,501	6,000	VYHOVÍ
0	9,289	4,829	1,000	0,243	0,468	0,520	10,753	6,000	VYHOVÍ
	8,313	3,858	1,000	0,194	0,419	0,464	11,117	6,000	VYHOVÍ
0	9,561	2,658	1,000	0,134	0,482	0,278	8,543	6,000	VYHOVÍ
	9,153	2,253	1,000	0,113	0,461	0,246	8,692	6,000	VYHOVÍ
0	10,311	1,443	1,000	0,073	0,519	0,140	7,256	6,000	VYHOVÍ
	9,566	0,707	1,000	0,036	0,482	0,074	7,539	6,000	VYHOVÍ
0	10,993	0,602	1,000	0,030	0,554	0,055	6,427	6,000	VYHOVÍ
	11,016	1,382	1,000	0,070	0,555	0,125	6,665	6,000	VYHOVÍ
0	12,203	0,659	1,000	0,033	0,615	0,054	5,548	6,000	NEVYHOVÍ
	12,203	0,659	1,000	0,033	0,615	0,054	5,548	6,000	NEVYHOVÍ
	12,119	0,634	1,000	0,032	0,610	0,052	5,603	6,000	NEVYHOVÍ
	12,119	0,634	1,000	0,032	0,610	0,052	5,603	6,000	NEVYHOVÍ
Střed rozpětí	12,048	0,630	1,000	0,032	0,607	0,052	5,654	6,000	NEVYHOVÍ
	12,048	0,630	1,000	0,032	0,607	0,052	5,654	6,000	NEVYHOVÍ
0	12,119	0,634	1,000	0,032	0,610	0,052	5,603	6,000	NEVYHOVÍ
	12,119	0,634	1,000	0,032	0,610	0,052	5,603	6,000	NEVYHOVÍ
	12,203	0,659	1,000	0,033	0,615	0,054	5,548	6,000	NEVYHOVÍ
	12,203	0,659	1,000	0,033	0,615	0,054	5,548	6,000	NEVYHOVÍ
0	11,016	1,382	1,000	0,070	0,555	0,125	6,665	6,000	VYHOVÍ
	10,993	0,602	1,000	0,030	0,554	0,055	6,427	6,000	VYHOVÍ
0	9,566	0,707	1,000	0,036	0,482	0,074	7,539	6,000	VYHOVÍ
	10,311	1,443	1,000	0,073	0,519	0,140	7,256	6,000	VYHOVÍ
0	9,153	2,253	1,000	0,113	0,461	0,246	8,692	6,000	VYHOVÍ
	9,561	2,658	1,000	0,134	0,482	0,278	8,543	6,000	VYHOVÍ
0	8,313	3,858	1,000	0,194	0,419	0,464	11,117	6,000	VYHOVÍ
	9,289	4,829	1,000	0,243	0,468	0,520	10,753	6,000	VYHOVÍ
Osa uložení	9,052	7,337	1,000	0,370	0,456	0,811	17,501	6,000	VYHOVÍ
	9,052	7,337	1,000	0,370	0,456	0,811	17,501	6,000	VYHOVÍ
Celo	6,561	4,919	1,000	0,248	0,330	0,750	18,734	6,000	VYHOVÍ



9.4.1.2. Tlačený beton - namáhání M+N - podle EN 1992-1-1, čl. 6.8.7(1)

9.4.1.2.1. Horní vlákna

Tato metoda není výslovně určena pro ověření únavové odolnosti betonu železničních mostů, ale je zde použita pro porovnání s metodou použitou v kapitole 9.4.1.1.

Únavovou odolnost betonu lze v tomto případě považovat za dostatečnou, pokud jsou splněny následující podmínky:

$$E_{cd,max,eq} + 0,43 \cdot \sqrt{1 - R_{eq}} \leq 1,0 \quad , \text{ kde:}$$

$$R_{eq} = \frac{E_{cd,min,eq}}{E_{cd,max,eq}} \quad ; \quad E_{cd,min,eq} = \frac{s_{cd,min,eq}}{f_{cd,fat}} \quad ; \quad E_{cd,max,eq} = \frac{s_{cd,max,eq}}{f_{cd,fat}}$$

R_{eq} je poměr napětí,

$E_{cd,min,eq}$ je nejmenší úroveň tlakových napětí,

$E_{cd,max,eq}$ je největší úroveň tlakových napětí,

$f_{cd,fat}$ je návrhová hodnota tlakové pevnosti betonu,

$s_{cd,max,eq}$ je horní napětí mezní amplitudy pro N cyklů,

$s_{cd,min,eq}$ je dolní napětí mezní amplitudy pro N cyklů.

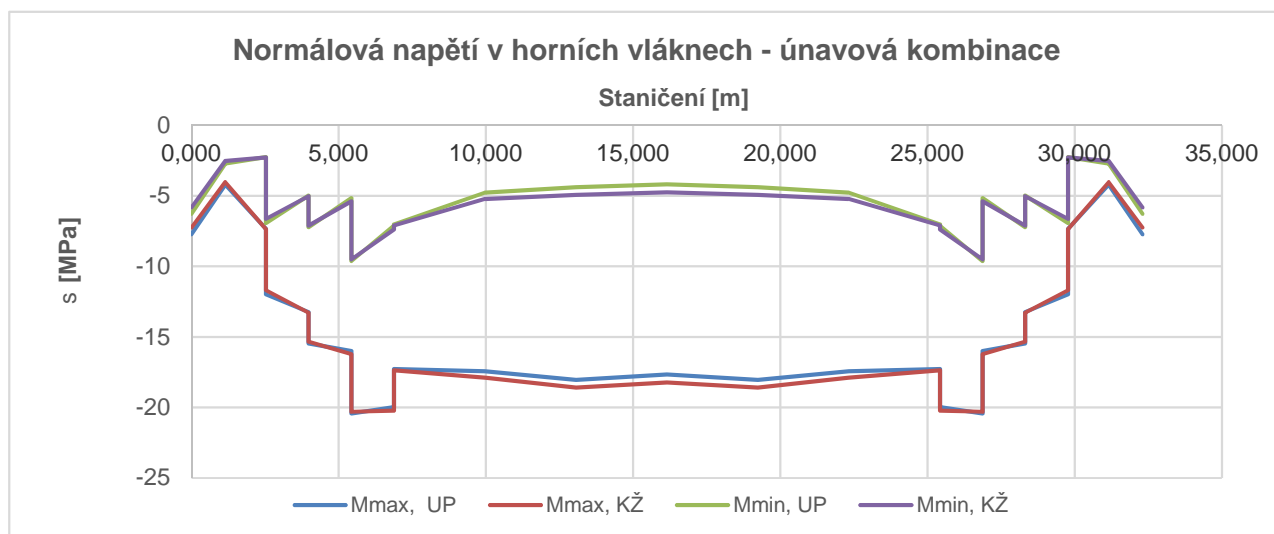
Doporučená hodnota počtu cyklů je $N = 10^6$.

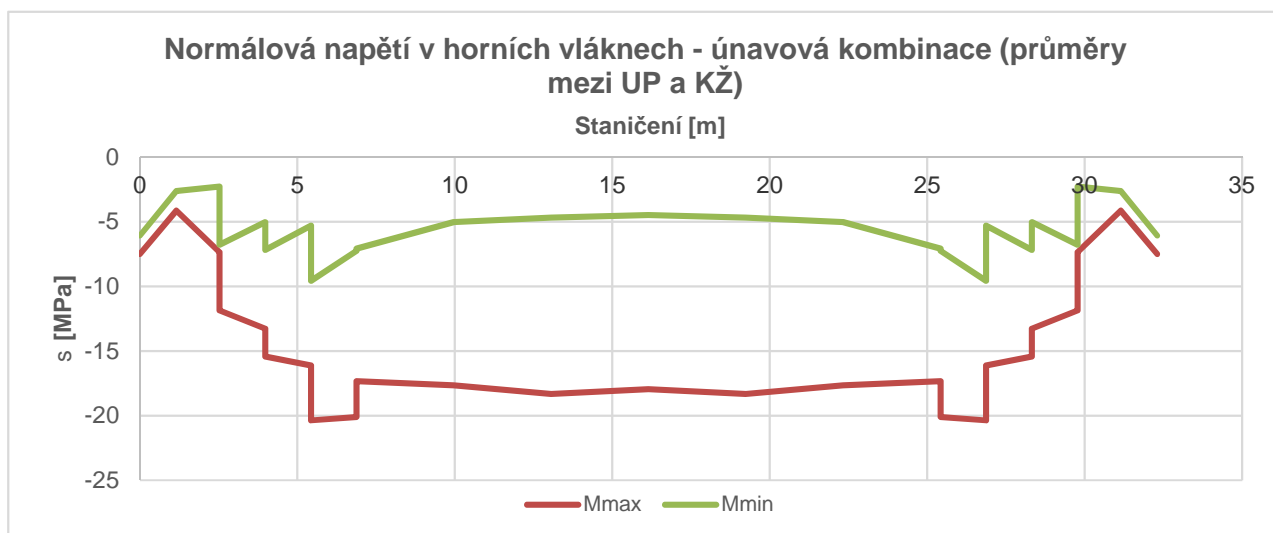
Pro ověření použijeme kombinaci zatížení podle [7] , vztah (6.69):

$$\sum_{j=1}^n G_{k,j} + P + \sum_{i=1}^m Q_{k,i} + a \sum_{i>1} Q_{k,i} + Q_{fat} \quad , \text{ kde:}$$

$Q_{k,1}$ a $Q_{k,i}$ jsou necyklická, ne-stálá zatížení (např. zatížení teplotními změnami a větrem),

Q_{fat} je příslušné únavové zatížení (např. zatížení dopravou).

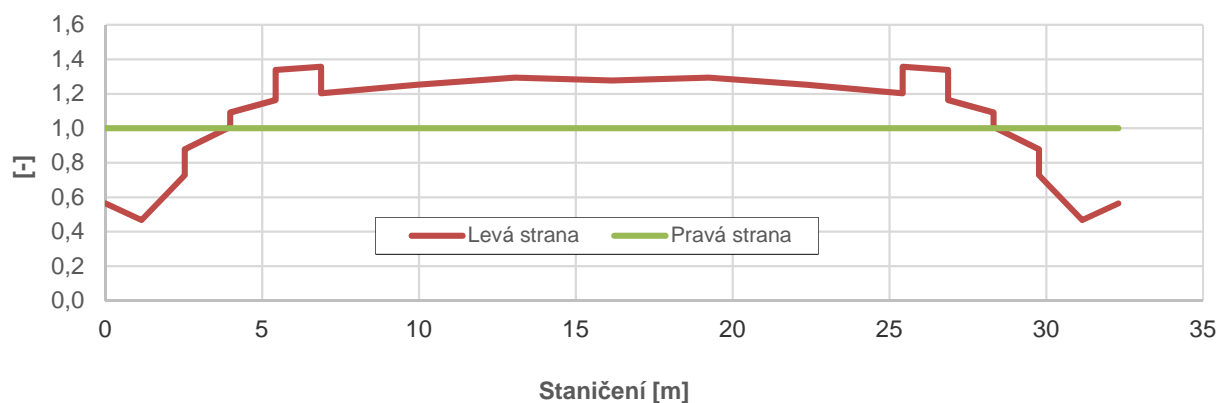




Posouzení:

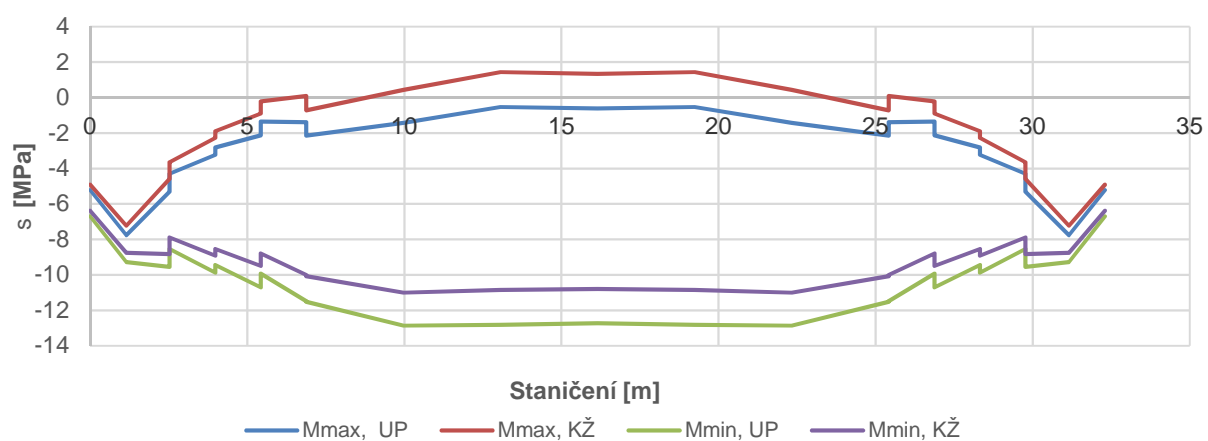
Poloha	$s_{cd,max,eq}$	$s_{cd,min,eq}$	$f_{cd,fat}$	$E_{cd,max,eq}$	$E_{cd,min,eq}$	R_{eq}	Nerovnice		Posouzení
							Levá strana	Pravá strana	
Celo	7,484	6,050	19,856	0,377	0,305	0,808	0,565	1,000	VYHOVÍ
Osa uložení	4,123	2,620	19,856	0,208	0,132	0,635	0,467	1,000	VYHOVÍ
	4,123	2,620	19,856	0,208	0,132	0,635	0,467	1,000	VYHOVÍ
0	7,355	2,267	19,856	0,370	0,114	0,308	0,728	1,000	VYHOVÍ
	11,849	6,779	19,856	0,597	0,341	0,572	0,878	1,000	VYHOVÍ
0	13,264	5,006	19,856	0,668	0,252	0,377	1,007	1,000	NEVYHOVÍ
	15,413	7,170	19,856	0,776	0,361	0,465	1,091	1,000	NEVYHOVÍ
0	16,121	5,277	19,856	0,812	0,266	0,327	1,165	1,000	NEVYHOVÍ
	20,370	9,568	19,856	1,026	0,482	0,470	1,339	1,000	NEVYHOVÍ
0	20,109	7,246	19,856	1,013	0,365	0,360	1,357	1,000	NEVYHOVÍ
	17,322	7,064	19,856	0,872	0,356	0,408	1,203	1,000	NEVYHOVÍ
0	17,664	5,005	19,856	0,890	0,252	0,283	1,254	1,000	NEVYHOVÍ
	17,664	5,005	19,856	0,890	0,252	0,283	1,254	1,000	NEVYHOVÍ
0	18,316	4,664	19,856	0,922	0,235	0,255	1,294	1,000	NEVYHOVÍ
	18,316	4,664	19,856	0,922	0,235	0,255	1,294	1,000	NEVYHOVÍ
Střed rozpětí	17,950	4,464	19,856	0,904	0,225	0,249	1,277	1,000	NEVYHOVÍ
	17,950	4,464	19,856	0,904	0,225	0,249	1,277	1,000	NEVYHOVÍ
0	18,316	4,664	19,856	0,922	0,235	0,255	1,294	1,000	NEVYHOVÍ
	18,316	4,664	19,856	0,922	0,235	0,255	1,294	1,000	NEVYHOVÍ
0	17,664	5,005	19,856	0,890	0,252	0,283	1,254	1,000	NEVYHOVÍ
	17,664	5,005	19,856	0,890	0,252	0,283	1,254	1,000	NEVYHOVÍ
0	17,322	7,064	19,856	0,872	0,356	0,408	1,203	1,000	NEVYHOVÍ
	20,109	7,246	19,856	1,013	0,365	0,360	1,357	1,000	NEVYHOVÍ
0	20,370	9,568	19,856	1,026	0,482	0,470	1,339	1,000	NEVYHOVÍ
	16,121	5,277	19,856	0,812	0,266	0,327	1,165	1,000	NEVYHOVÍ
0	15,413	7,170	19,856	0,776	0,361	0,465	1,091	1,000	NEVYHOVÍ
	13,264	5,006	19,856	0,668	0,252	0,377	1,007	1,000	NEVYHOVÍ
0	11,849	6,779	19,856	0,597	0,341	0,572	0,878	1,000	VYHOVÍ
	7,355	2,267	19,856	0,370	0,114	0,308	0,728	1,000	VYHOVÍ
Osa uložení	4,123	2,620	19,856	0,208	0,132	0,635	0,467	1,000	VYHOVÍ
	4,123	2,620	19,856	0,208	0,132	0,635	0,467	1,000	VYHOVÍ
Celo	7,484	6,050	19,856	0,377	0,305	0,808	0,565	1,000	VYHOVÍ

Posouzení únavy betonu podle čl. 6.8.7(1) - horní vlákna

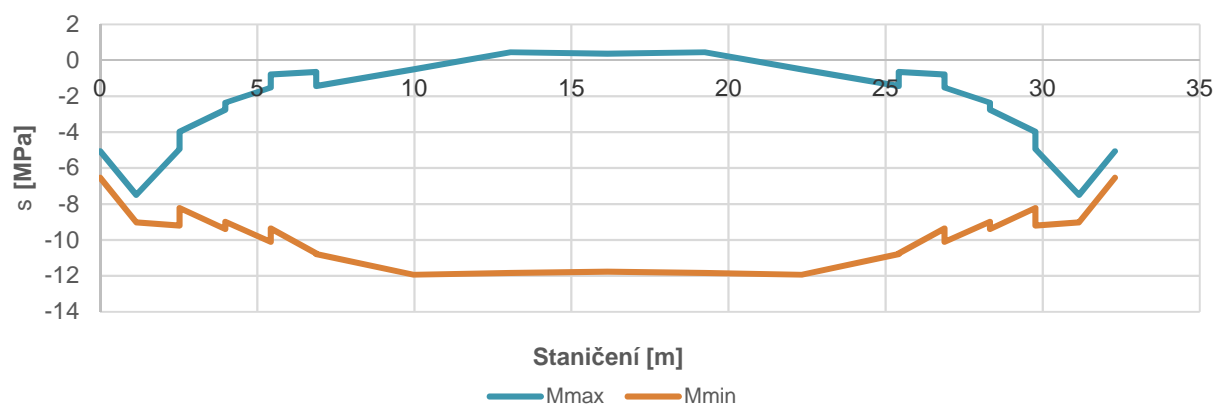


9.4.1.2.2. Dolní vlákna

Normálová napětí v dolních vláknech - únavová kombinace

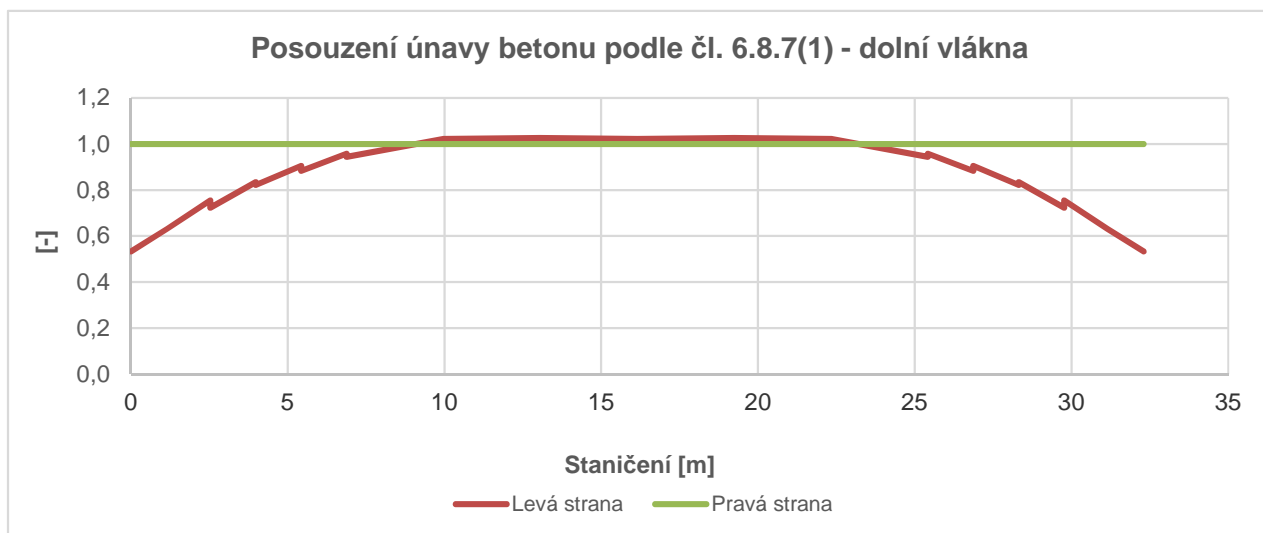


Normálová napětí v dolních vláknech - kombinace (průměry mezi dobou UP a KŽ)



Posouzení:

Poloha	$s_{cd,max,eq}$ [MPa]	$s_{cd,min,eq}$ [MPa]	$f_{cd,fat}$ [MPa]	$E_{cd,max,eq}$	$E_{cd,min,eq}$	R_{eq}	Nerovnice		Posouzení
							Levá strana	Pravá strana	
Celo	6,536	5,064	19,856	0,329	0,255	0,775	0,533	1,000	VYHOVI
Osa uložení	9,021	7,495	19,856	0,454	0,377	0,831	0,631	1,000	VYHOVI
	9,021	7,495	19,856	0,454	0,377	0,831	0,631	1,000	VYHOVI
0	9,192	4,947	19,856	0,463	0,249	0,538	0,755	1,000	VYHOVI
	8,216	3,976	19,856	0,414	0,200	0,484	0,723	1,000	VYHOVI
0	9,400	2,754	19,856	0,473	0,139	0,293	0,835	1,000	VYHOVI
	8,992	2,350	19,856	0,453	0,118	0,261	0,822	1,000	VYHOVI
0	10,101	1,515	19,856	0,509	0,076	0,150	0,905	1,000	VYHOVI
	9,357	0,780	19,856	0,471	0,039	0,083	0,883	1,000	VYHOVI
0	10,748	0,648	19,856	0,541	0,033	0,060	0,958	1,000	VYHOVI
	10,791	1,435	19,856	0,543	0,072	0,133	0,944	1,000	VYHOVI
0	11,933	0,503	19,856	0,601	0,025	0,042	1,022	1,000	NEVYHOVI
	11,933	0,503	19,856	0,601	0,025	0,042	1,022	1,000	NEVYHOVI
	11,830	0,000	19,856	0,596	0,000	0,000	1,026	1,000	NEVYHOVI
	11,830	0,000	19,856	0,596	0,000	0,000	1,026	1,000	NEVYHOVI
Střed rozpětí	11,761	0,000	19,856	0,592	0,000	0,000	1,022	1,000	NEVYHOVI
	11,761	0,000	19,856	0,592	0,000	0,000	1,022	1,000	NEVYHOVI
0	11,830	0,000	19,856	0,596	0,000	0,000	1,026	1,000	NEVYHOVI
	11,830	0,000	19,856	0,596	0,000	0,000	1,026	1,000	NEVYHOVI
	11,933	0,503	19,856	0,601	0,025	0,042	1,022	1,000	NEVYHOVI
	11,933	0,503	19,856	0,601	0,025	0,042	1,022	1,000	NEVYHOVI
0	10,791	1,435	19,856	0,543	0,072	0,133	0,944	1,000	VYHOVI
	10,748	0,648	19,856	0,541	0,033	0,060	0,958	1,000	VYHOVI
0	9,357	0,780	19,856	0,471	0,039	0,083	0,883	1,000	VYHOVI
	10,101	1,515	19,856	0,509	0,076	0,150	0,905	1,000	VYHOVI
0	8,992	2,350	19,856	0,453	0,118	0,261	0,822	1,000	VYHOVI
	9,400	2,754	19,856	0,473	0,139	0,293	0,835	1,000	VYHOVI
0	8,216	3,976	19,856	0,414	0,200	0,484	0,723	1,000	VYHOVI
	9,192	4,947	19,856	0,463	0,249	0,538	0,755	1,000	VYHOVI
Osa uložení	9,021	7,495	19,856	0,454	0,377	0,831	0,631	1,000	VYHOVI
	9,021	7,495	19,856	0,454	0,377	0,831	0,631	1,000	VYHOVI
Celo	6,536	5,064	19,856	0,329	0,255	0,775	0,533	1,000	VYHOVI



9.4.2. TLAČENÝ BETON - NAMÁHÁNÍ SMYKEM

9.4.2.1. Namáhání smykem - postup EN 1992-2, Příloha NN

Únava by měla být podle ČSN EN 1992 ověřena i u betonu namáhaného smykem. Ověření provedeme jako v kapitole 9.4.1.1. podle [8], Příloha NN.

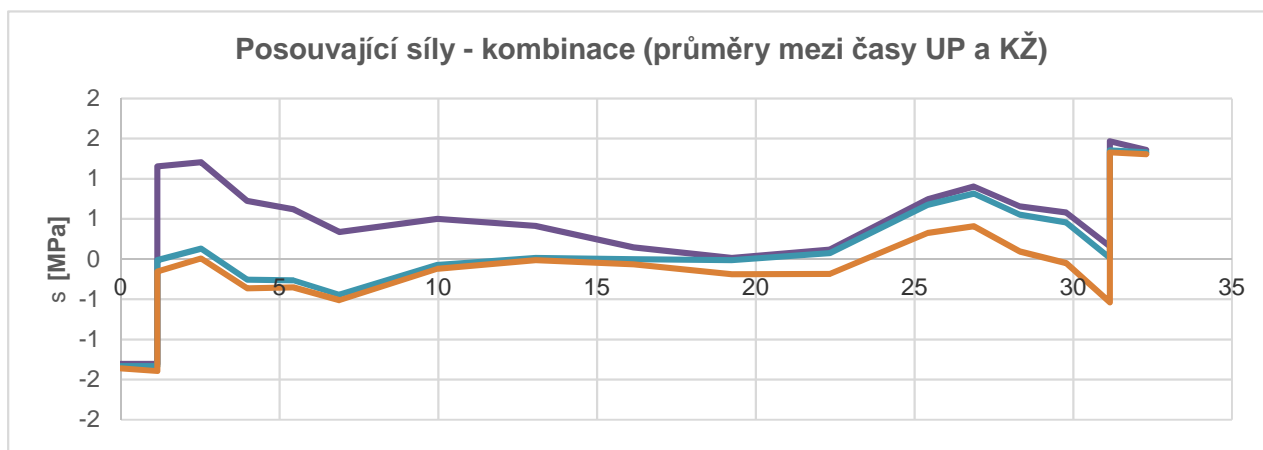
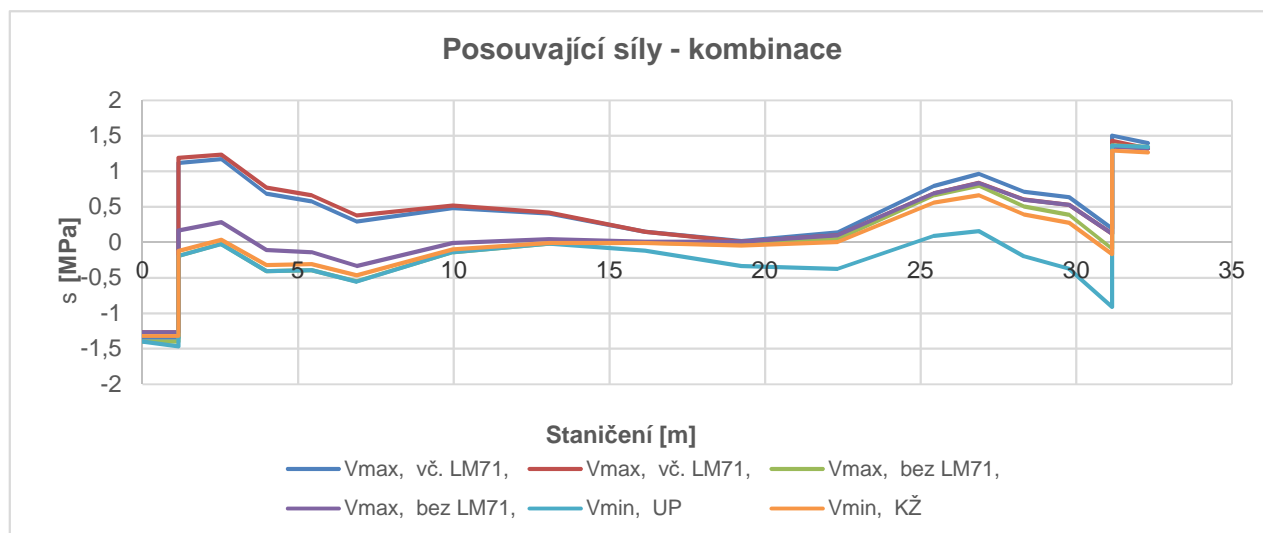
V tomto případě se posouzení týká napětí v tlačené betonové diagonále, u kterého lze předpokládat, že je úměrné působící smykové síle. Jako rozkmity namáhání ve výpočtu únavy zde proto budeme uvažovat rozkmity smykových sil a kroutících momentů.

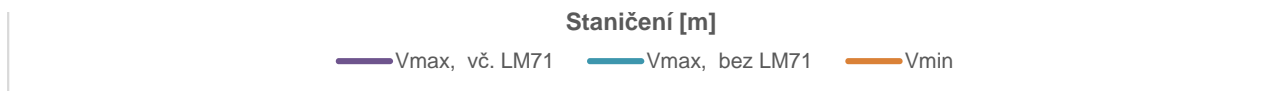
Výpočet provedeme pro hlavní proměnné zatížení odpovídající zatížení dopravou. Budeme uvažovat průměrné hodnoty sil z doby uvedení do provozu a doby na konci životnosti.

9.4.2.1.1. Kombinace posouvajících sil pro kombinaci s kroutícími momenty při ověření únavové odolnosti betonu namáhaného smykem

Kombinace smykových sil stanovíme pro účely kombinace s kroutícími momenty. Protože zatížitelnost se zde stanoví iteracním postupem, je nutno posouvající síly násobit stejným redukčním součinitelem jako kroutící momenty.

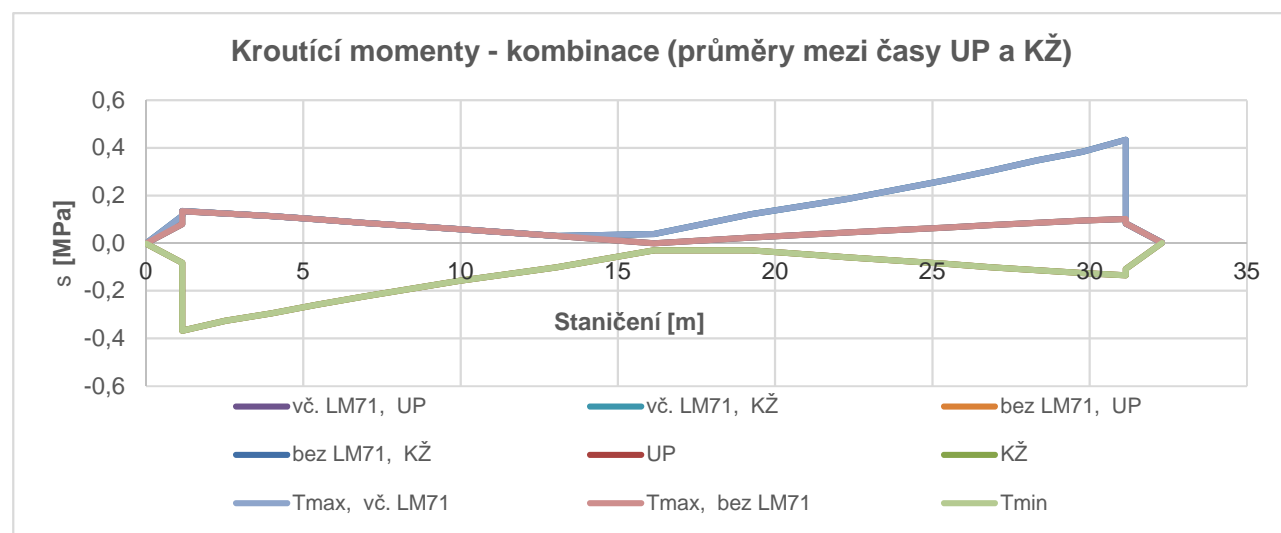
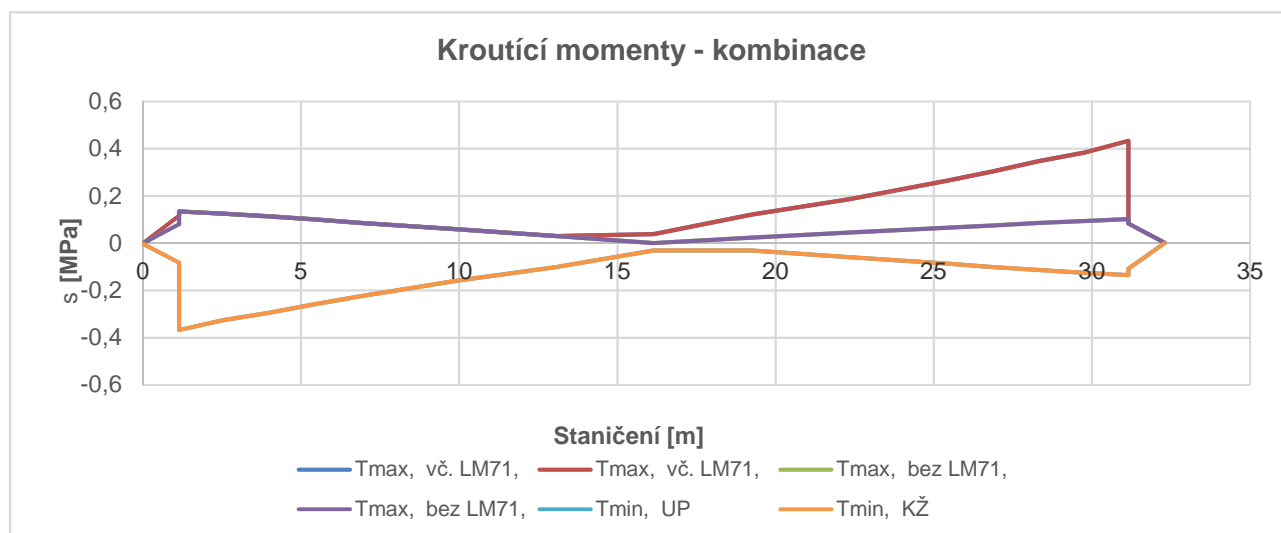
$$a = 1,00$$





9.4.2.1.2. Kombinace kroutících momentů pro kombinaci s posouvajícími silami při ověření únavové odolnosti betonu namáhaného smykem

Kombinace kroutících momentů stanovíme pro účely kombinace s posouvajícími silami. Protože zatížitelnost se zde stanoví iteracním postupem, je nutno posouvající síly násobit stejným redukčním součinitelem jako kroutící momenty.



9.4.2.1.3. Přepočet kroutících momentů na náhradní smykové síly

Přepočet kroutících momentů na náhradní smykové síly byl proveden stejným postupem jako v kapitole V následující tabulce jsou rozhodující výsledky.

Poloha	$V_{Ed,i}$ pro T_{max} vč. LM71			$V_{Ed,i}$ pro T_{max} bez LM71			$V_{Ed,i}$ pro T_{min}		
	v horní desce [MN]	ve stěnách [MN]	v dolní desce [MN]	v horní desce [MN]	ve stěnách [MN]	v dolní desce [MN]	v horní desce [MN]	ve stěnách [MN]	v dolní desce [MN]
Celo	0,0008	0,0009	0,0008	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004
Osa uložení	0,0507	0,0544	0,0507	0,0351	0,0377	0,0351	0,0000	0,0000	0,0000
	0,1614	0,1733	0,1614	0,0589	0,0633	0,0589	0,0000	0,0000	0,0000
0	0,1370	0,1538	0,1370	0,0524	0,0588	0,0524	0,0000	0,0000	0,0000
	0,1370	0,1538	0,1370	0,0524	0,0588	0,0524	0,0000	0,0000	0,0000
0	0,1208	0,1390	0,1208	0,0464	0,0534	0,0464	0,0000	0,0000	0,0000
	0,1208	0,1390	0,1208	0,0464	0,0534	0,0464	0,0000	0,0000	0,0000
0	0,1059	0,1219	0,1059	0,0411	0,0474	0,0411	0,0000	0,0000	0,0000
	0,1059	0,1219	0,1059	0,0411	0,0474	0,0411	0,0000	0,0000	0,0000
0	0,0919	0,1058	0,0919	0,0350	0,0403	0,0350	0,0000	0,0000	0,0000
	0,0919	0,1058	0,0919	0,0350	0,0403	0,0350	0,0000	0,0000	0,0000
0	0,0647	0,0745	0,0647	0,0241	0,0277	0,0241	0,0000	0,0000	0,0000
	0,0647	0,0745	0,0647	0,0241	0,0277	0,0241	0,0000	0,0000	0,0000
	0,0417	0,0480	0,0417	0,0123	0,0142	0,0123	0,0000	0,0000	0,0000
	0,0417	0,0480	0,0417	0,0123	0,0142	0,0123	0,0000	0,0000	0,0000
Střed rozpětí	0,0157	0,0181	0,0157	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	0,0157	0,0181	0,0157	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
0	0,0497	0,0572	0,0497	0,0095	0,0109	0,0095	0,0000	0,0000	0,0000
	0,0497	0,0572	0,0497	0,0095	0,0109	0,0095	0,0000	0,0000	0,0000
	0,0763	0,0878	0,0763	0,0184	0,0212	0,0184	0,0000	0,0000	0,0000
	0,0763	0,0878	0,0763	0,0184	0,0212	0,0184	0,0000	0,0000	0,0000
0	0,1083	0,1246	0,1083	0,0267	0,0307	0,0267	0,0000	0,0000	0,0000
	0,1083	0,1246	0,1083	0,0267	0,0307	0,0267	0,0000	0,0000	0,0000
0	0,1247	0,1435	0,1247	0,0310	0,0357	0,0310	0,0000	0,0000	0,0000
	0,1247	0,1435	0,1247	0,0310	0,0357	0,0310	0,0000	0,0000	0,0000
0	0,1422	0,1637	0,1422	0,0351	0,0404	0,0351	0,0000	0,0000	0,0000
	0,1422	0,1637	0,1422	0,0351	0,0404	0,0351	0,0000	0,0000	0,0000
0	0,1614	0,1812	0,1614	0,0398	0,0446	0,0398	0,0000	0,0000	0,0000
	0,1614	0,1812	0,1614	0,0398	0,0446	0,0398	0,0000	0,0000	0,0000
Osa uložení	0,1906	0,2047	0,1906	0,0447	0,0480	0,0447	0,0000	0,0000	0,0000
	0,0476	0,0511	0,0476	0,0364	0,0390	0,0364	0,0000	0,0000	0,0000
Celo	0,0008	0,0009	0,0008	0,0008	0,0009	0,0008	0,0004	0,0004	0,0004

9.4.2.1.4. Součet účinků posouvajících sil a kroutících momentů

Součet posouvajících sil a náhradních posouvajících sil od kroucení:

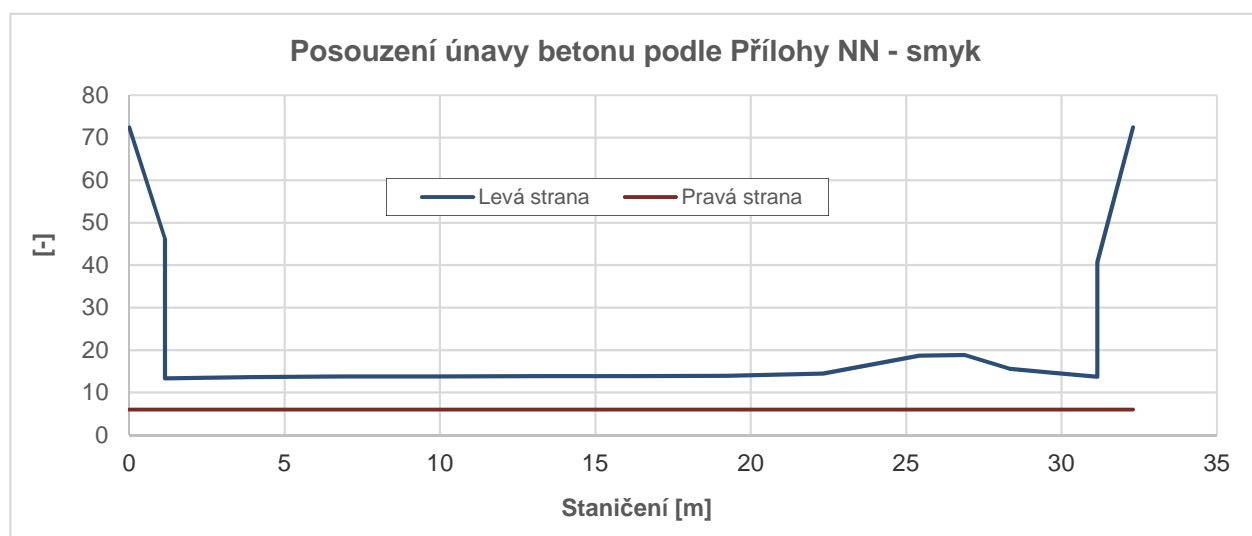
Poloha	Max.vč. LM71			Max. bez LM71			Min.		
	Smyk [MN]	Kroucení [MN]	Celkem [MN]	Smyk [MN]	Kroucení [MN]	Celkem [MN]	Smyk [MN]	Kroucení [MN]	Celkem [MN]
Celo	1,360	0,001	1,361	1,332	0,000	1,333	1,305	0,000	1,305
Osa uložení	1,394	0,054	1,448	1,332	0,038	1,370	1,305	0,000	1,305
	1,154	0,173	1,328	0,000	0,063	0,063	0,000	0,000	0,000
0	1,205	0,154	1,359	0,130	0,059	0,188	0,005	0,000	0,005
0	1,205	0,154	1,359	0,130	0,059	0,188	0,005	0,000	0,005
0	0,726	0,139	0,865	0,000	0,053	0,053	0,000	0,000	0,000
0	0,726	0,139	0,865	0,000	0,053	0,053	0,000	0,000	0,000
0	0,620	0,122	0,741	0,000	0,047	0,047	0,000	0,000	0,000
0	0,620	0,122	0,741	0,000	0,047	0,047	0,000	0,000	0,000
0	0,510	0,106	0,616	0,000	0,040	0,040	0,000	0,000	0,000
0	0,510	0,106	0,616	0,000	0,040	0,040	0,000	0,000	0,000
0	0,500	0,074	0,574	0,000	0,028	0,028	0,000	0,000	0,000
0	0,500	0,074	0,574	0,000	0,028	0,028	0,000	0,000	0,000
0	0,413	0,048	0,461	0,014	0,014	0,028	0,000	0,000	0,000
0	0,413	0,048	0,461	0,014	0,014	0,028	0,000	0,000	0,000
Střed rozpětí	0,148	0,018	0,166	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	0,148	0,018	0,166	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
0	0,190	0,057	0,247	0,000	0,011	0,011	0,000	0,000	0,000
0	0,190	0,057	0,247	0,000	0,011	0,011	0,000	0,000	0,000
0	0,184	0,088	0,272	0,073	0,021	0,094	0,000	0,000	0,000
0	0,184	0,088	0,272	0,073	0,021	0,094	0,000	0,000	0,000
0	0,743	0,125	0,868	0,677	0,031	0,707	0,325	0,000	0,325
0	0,743	0,125	0,868	0,677	0,031	0,707	0,325	0,000	0,325
0	0,902	0,144	1,046	0,817	0,036	0,852	0,411	0,000	0,411
0	0,902	0,144	1,046	0,817	0,036	0,852	0,411	0,000	0,411
0	0,657	0,164	0,821	0,552	0,040	0,593	0,095	0,000	0,095
0	0,657	0,164	0,821	0,552	0,040	0,593	0,095	0,000	0,095
0	0,581	0,181	0,762	0,456	0,045	0,501	0,000	0,000	0,000
0	0,581	0,181	0,762	0,456	0,045	0,501	0,000	0,000	0,000
Osa uložení	0,540	0,205	0,745	0,014	0,048	0,062	0,000	0,000	0,000
	1,469	0,051	1,520	1,356	0,039	1,395	1,328	0,000	1,328
Celo	1,360	0,001	1,361	1,332	0,001	1,333	1,305	0,000	1,305

9.4.2.1.5. Posouzení únavy betonu - smyk

Poloha	V_{perm} [MPa]	$V_{max,71}$ [MPa]	$V_{min,71}$ [MPa]	V_{perm} [MPa]	$V_{max,71}$ [MPa]	$V_{min,71}$ [MPa]	V_{perm} [MPa]	$V_{max,71}$ [MPa]	$V_{min,71}$ [MPa]
Čelo	1,333	1,361	1,305	1,333	1,361	1,305	1,333	1,361	1,305
Osa uložení	1,370	1,448	1,305	1,370	1,448	1,305	1,370	1,448	1,305
	0,063	1,328	0,000	0,063	1,328	0,000	0,063	1,328	0,000
0	0,188	1,359	0,005	0,188	1,359	0,005	0,188	1,359	0,005
	0,188	1,359	0,005	0,188	1,359	0,005	0,188	1,359	0,005
0	0,053	0,865	0,000	0,053	0,865	0,000	0,053	0,865	0,000
	0,053	0,865	0,000	0,053	0,865	0,000	0,053	0,865	0,000
0	0,047	0,741	0,000	0,047	0,741	0,000	0,047	0,741	0,000
	0,047	0,741	0,000	0,047	0,741	0,000	0,047	0,741	0,000
0	0,040	0,616	0,000	0,040	0,616	0,000	0,040	0,616	0,000
	0,040	0,616	0,000	0,040	0,616	0,000	0,040	0,616	0,000
0	0,028	0,574	0,000	0,028	0,574	0,000	0,028	0,574	0,000
	0,028	0,574	0,000	0,028	0,574	0,000	0,028	0,574	0,000
	0,028	0,461	0,000	0,028	0,461	0,000	0,028	0,461	0,000
	0,028	0,461	0,000	0,028	0,461	0,000	0,028	0,461	0,000
Střed rozpětí	0,000	0,166	0,000	0,000	0,166	0,000	0,000	0,166	0,000
	0,000	0,166	0,000	0,000	0,166	0,000	0,000	0,166	0,000
0	0,011	0,247	0,000	0,011	0,247	0,000	0,011	0,247	0,000
	0,011	0,247	0,000	0,011	0,247	0,000	0,011	0,247	0,000
	0,094	0,272	0,000	0,094	0,272	0,000	0,094	0,272	0,000
	0,094	0,272	0,000	0,094	0,272	0,000	0,094	0,272	0,000
0	0,707	0,868	0,325	0,707	0,868	0,325	0,707	0,868	0,325
	0,707	0,868	0,325	0,707	0,868	0,325	0,707	0,868	0,325
0	0,852	1,046	0,411	0,852	1,046	0,411	0,852	1,046	0,411
	0,852	1,046	0,411	0,852	1,046	0,411	0,852	1,046	0,411
0	0,593	0,821	0,095	0,593	0,821	0,095	0,593	0,821	0,095
	0,593	0,821	0,095	0,593	0,821	0,095	0,593	0,821	0,095
0	0,501	0,762	0,000	0,501	0,762	0,000	0,501	0,762	0,000
	0,501	0,762	0,000	0,501	0,762	0,000	0,501	0,762	0,000
Osa uložení	0,062	0,745	0,000	0,062	0,745	0,000	0,062	0,745	0,000
	1,395	1,520	1,328	1,395	1,520	1,328	1,395	1,520	1,328
Čelo	1,333	1,361	1,305	1,333	1,361	1,305	1,333	1,361	1,305

Poloha	Staničení [m]	$f_{cd,fat}$ [MPa]	l_c						
			$l_{c,0,spoč.}$	$l_{c,0,max.}$	$l_{c,0}$	$l_{c,1}$	$l_{c,2,3}$	$l_{c,4}$	l_c
Celo	0,000	19,856	0,953	1,000	1,000	0,759	1,038	1,000	0,787
Osa uložení	1,150	19,856	0,954	1,000	1,000	0,759	1,038	1,000	0,787
	1,150	19,856	0,941	1,000	1,000	0,759	1,038	1,000	0,787
0	2,530	19,856	0,942	1,000	1,000	0,759	1,038	1,000	0,787
	2,530	19,856	0,942	1,000	1,000	0,759	1,038	1,000	0,787
0	3,980	19,856	0,941	1,000	1,000	0,759	1,038	1,000	0,787
	3,980	19,856	0,941	1,000	1,000	0,759	1,038	1,000	0,787
0	5,430	19,856	0,940	1,000	1,000	0,759	1,038	1,000	0,787
	5,430	19,856	0,940	1,000	1,000	0,759	1,038	1,000	0,787
0	6,880	19,856	0,940	1,000	1,000	0,759	1,038	1,000	0,787
	6,880	19,856	0,940	1,000	1,000	0,759	1,038	1,000	0,787
0	9,970	19,856	0,940	1,000	1,000	0,759	1,038	1,000	0,787
	9,970	19,856	0,940	1,000	1,000	0,759	1,038	1,000	0,787
0	13,060	19,856	0,940	1,000	1,000	0,759	1,038	1,000	0,787
	13,060	19,856	0,940	1,000	1,000	0,759	1,038	1,000	0,787
Střed rozpětí	16,150	19,856	0,940	1,000	1,000	0,759	1,038	1,000	0,787
	16,150	19,856	0,940	1,000	1,000	0,759	1,038	1,000	0,787
0	19,240	19,856	0,940	1,000	1,000	0,759	1,038	1,000	0,787
	19,240	19,856	0,940	1,000	1,000	0,759	1,038	1,000	0,787
0	22,330	19,856	0,941	1,000	1,000	0,759	1,038	1,000	0,787
	22,330	19,856	0,941	1,000	1,000	0,759	1,038	1,000	0,787
0	25,420	19,856	0,947	1,000	1,000	0,759	1,038	1,000	0,787
	25,420	19,856	0,947	1,000	1,000	0,759	1,038	1,000	0,787
0	26,870	19,856	0,949	1,000	1,000	0,759	1,038	1,000	0,787
	26,870	19,856	0,949	1,000	1,000	0,759	1,038	1,000	0,787
0	28,320	19,856	0,946	1,000	1,000	0,759	1,038	1,000	0,787
	28,320	19,856	0,946	1,000	1,000	0,759	1,038	1,000	0,787
0	29,770	19,856	0,945	1,000	1,000	0,759	1,038	1,000	0,787
	29,770	19,856	0,945	1,000	1,000	0,759	1,038	1,000	0,787
Osa uložení	31,150	19,856	0,941	1,000	1,000	0,759	1,038	1,000	0,787
	31,150	19,856	0,954	1,000	1,000	0,759	1,038	1,000	0,787
Celo	32,300	19,856	0,953	1,000	1,000	0,759	1,038	1,000	0,787

Poloha	$s_{cd,max,eq}$	$s_{cd,min,eq}$	g_{sd}	$E_{cd,min,eq}$	$E_{cd,max,eq}$	R_{eq}	Nerovnice		Posouzení
	[MPa]	[MPa]					Levá strana	Pravá strana	
Celo	1,355	1,311	1,000	0,066	0,068	0,968	72,470	6,000	VYHOVÍ
Osa uložení	1,432	1,319	1,000	0,066	0,072	0,921	46,208	6,000	VYHOVÍ
	1,059	0,013	1,000	0,001	0,053	0,013	13,338	6,000	VYHOVÍ
0	1,110	0,044	1,000	0,002	0,056	0,040	13,488	6,000	VYHOVÍ
0	1,110	0,044	1,000	0,002	0,056	0,040	13,488	6,000	VYHOVÍ
0	0,693	0,011	1,000	0,001	0,035	0,016	13,624	6,000	VYHOVÍ
0	0,693	0,011	1,000	0,001	0,035	0,016	13,624	6,000	VYHOVÍ
0	0,594	0,010	1,000	0,001	0,030	0,017	13,698	6,000	VYHOVÍ
0	0,594	0,010	1,000	0,001	0,030	0,017	13,698	6,000	VYHOVÍ
0	0,493	0,009	1,000	0,000	0,025	0,017	13,772	6,000	VYHOVÍ
0	0,493	0,009	1,000	0,000	0,025	0,017	13,772	6,000	VYHOVÍ
0	0,458	0,006	1,000	0,000	0,023	0,013	13,766	6,000	VYHOVÍ
0	0,458	0,006	1,000	0,000	0,023	0,013	13,766	6,000	VYHOVÍ
0	0,369	0,006	1,000	0,000	0,019	0,016	13,854	6,000	VYHOVÍ
0	0,369	0,006	1,000	0,000	0,019	0,016	13,854	6,000	VYHOVÍ
Střed rozpětí	0,131	0,000	1,000	0,000	0,007	0,000	13,908	6,000	VYHOVÍ
	0,131	0,000	1,000	0,000	0,007	0,000	13,908	6,000	VYHOVÍ
0	0,197	0,002	1,000	0,000	0,010	0,012	13,944	6,000	VYHOVÍ
0	0,197	0,002	1,000	0,000	0,010	0,012	13,944	6,000	VYHOVÍ
0	0,234	0,020	1,000	0,001	0,012	0,085	14,466	6,000	VYHOVÍ
0	0,234	0,020	1,000	0,001	0,012	0,085	14,466	6,000	VYHOVÍ
0	0,834	0,406	1,000	0,020	0,042	0,487	18,727	6,000	VYHOVÍ
0	0,834	0,406	1,000	0,020	0,042	0,487	18,727	6,000	VYHOVÍ
0	1,005	0,505	1,000	0,025	0,051	0,502	18,840	6,000	VYHOVÍ
0	1,005	0,505	1,000	0,025	0,051	0,502	18,840	6,000	VYHOVÍ
0	0,772	0,201	1,000	0,010	0,039	0,260	15,640	6,000	VYHOVÍ
0	0,772	0,201	1,000	0,010	0,039	0,260	15,640	6,000	VYHOVÍ
0	0,706	0,106	1,000	0,005	0,036	0,151	14,651	6,000	VYHOVÍ
0	0,706	0,106	1,000	0,005	0,036	0,151	14,651	6,000	VYHOVÍ
Osa uložení	0,600	0,013	1,000	0,001	0,030	0,022	13,729	6,000	VYHOVÍ
	1,493	1,342	1,000	0,068	0,075	0,899	40,727	6,000	VYHOVÍ
Celo	1,355	1,311	1,000	0,066	0,068	0,968	72,472	6,000	VYHOVÍ



9.4.3. PŘEDPÍNACÍ VÝZTUŽ

9.4.3.1. Úvod

Únavu předpínací a betonářské výztuže obvykle není nutno ověřovat v oblastech, kde při časté kombinaci zatížení a P_k vyskytují v krajních vláknech betonu pouze tlaková napětí.

To je v daném případě splněno a únava výztuže proto nebude ověřena.

9.4.4. BETONÁŘSKÁ VÝZTUŽ

9.4.4.1. Úvod

Únavu předpínací a betonářské výztuže obvykle není nutno ověřovat v oblastech, kde při časté kombinaci zatížení a P_k vyskytují v krajních vláknech betonu pouze tlaková napětí.

To je v daném případě splněno a únava výztuže proto nebude ověřena.

Přehled zatížitelnosti částí mostu

A. Identifikace mostu

TÚ (číslo, název): TÚ 0206 Praha-Vršovice - Praha-Radotín DÚ: km: 3,007

B. Identifikace části mostu:

Část mostu: nosná konstrukce ~~opěra / pilíř~~, poř. číslo: 1 , pod kolejí č. 1

C. Doplnující údaje části mostu

Kategorie zatížitelnosti: C

Výpočtový model: prutový

Geometrie koleje, uvažovaná v přepočtu části mostu (ve směru staničení):

	na začátku	uprostřed	na konci
poloměr oblouku	388 [m]	388 [m]	388 [m]
převýšení koleje	0,075 [m]	0,075 [m]	0,075 [m]
excentricita koleje	0,08 [m]	0,08 [m]	0,08 [m]

Popis závad uvažovaných v přepočtu mostu:

Datum zjištění technického stavu mostu: SŽDC, s.o.:

zpracovatelem přepočtu: 21.10.2015, 9.8.2016

Poznámka k části mostu:

Poř. číslo	Prvek	Detail	Namáhání	k_i	typ	L_p	f_i	L_f	g_{LM71}	$g_{LM71,E}$	Viz číslo strany přepočtu	Z_{LM71}	Z_{LM71E}	Poznámky
1	Podél.směr	MSP	omezení napětí		M	30,0	1,09	30,0	1,00			0,985		
2	Podél.směr	MSP	omez.ohyb.trhlin		M	30,0	1,09	30,0	1,00			1,196		
3	Podél.směr	MSP	omez.smyk.trhlin		M,V,T	30,0	1,09	30,0	1,00			1,582		
4	Podél.směr	MSP	svislý průhyb		M	30,0	1,09	30,0	1,00			1,734		
5	Podél.směr	MSP	pootoč.konc.průř.		M	30,0	1,09	30,0	1,00			1,691		
6	Podél.směr	MSP	zkroucení n.k.		M	30,0	1,09	30,0	1,00			1,223		
7	Podél.směr	MSP	vodorovné def.		M	30,0	-	30,0	1,00			>>1		
8	Podél.směr	MSÚ	ohyb		M	30,0	1,14	30,0	1,30			0,888		
9	Podél.směr	MSÚ	smyk		V	30,0	1,14	30,0	1,30			0,969		
10	Podél.směr	MSÚ	smyk+kroucení, svisle		V,T	30,0	1,14	30,0	1,30			0,710		
11	Podél.směr	MSÚ	smyk+kroucení, vodor.		V,T	30,0	1,14	30,0	1,30			>1		
12	Podél.směr	MSÚ	únava bet. - NN		M	30,0	1,09	30,0	1,00			<<<1		
13	Podél.směr	MSÚ	únava bet. - 6.8.7(1)		M	30,0	1,09	30,0	1,00			<<<1		
14	Podél.směr	MSÚ	únava betonu - smyk		V,T	30,0	1,09	30,0	1,00			>>>1		
15	Podél.směr	MSÚ	únava předp.výzt.		M	30,0	-	30,0	-			-		
16	Podél.směr	MSÚ	únava bet.výzt.		M	30,0	-	30,0	-			-		

Pozn.: při posouzení konstrukce nevyhověla především z hlediska únavové odolnosti betonu. Vzhledem k reálnému stavu existujících konstrukcí lze předpokládat, že postupy v aktuálních návrhových normách nejsou vhodné pro přepočty stávajících konstrukcí. Pokud stávající betonové mostní konstrukce nevykazují únavová poškození, není nutno až do stanovení dalšího postupu přijímat žádná zvláštní opatření.

V Praze, listopad 2016

Ing. Roman Šafář, Ph.D.
Fakulta stavební ČVUT v Praze