



Souřadnicový systém: JTSK
Výškový systém: Bpv

Objednatel:

Správa a údržba silnic

Plzeňského kraje

PŘÍSPĚVKOVÁ ORGANIZACE

Koterovská 462/162, Koterov, 326 00 Plzeň



Číslo zakázky:

22 077 00

HIP:

Schválil:

Ing. Petr SOUČEK

Zodp. projektant:

Ing. Tomáš MIČKA

602214618, pso@pontex.cz

606644442, tmi@pontex.cz

Tech. kontrola:

Ing. Petr KOMANEC

Vypracoval:

Ing. Marek VOKÁL

724151747, pko@pontex.cz

606098210, mvo@pontex.cz



Praha 4, Bezová 1658/1, 147 00
tel: +420 244062215 fax: +420 244461038

Objednatel: **Správa a údržba silnic Plzeň**

Obec:

Stříbro

Kraj:

Plzeňský

Akce:

MOST EV. Č. 193-020 STŘÍBRO

Datum

Stupeň

10/2022

DIAG

Souprava

Č. přílohy

Příloha:

DIAGNOSTICKÝ PRŮZKUM

OBSAH

1	Úvod	3
1.1	Identifikační údaje	3
1.2	Popis mostu	3
1.3	Práce diagnostického průzkumu	5
1.4	Zkratky a značení	5
1.5	Stručná historie mostu	6
2	Podklady, normy, literatura, programy	6
2.1	Podklady	6
2.2	Normy	6
2.3	Programy	8
3	Zjištění diagnostického průzkumu	8
3.1	Zkoušky na odebraných jádrových vývrtech a vzorcích	8
3.1.1	Stanovení pevnosti v tlaku betonu	8
3.1.2	Zjištění nasákavosti betonu	15
3.1.3	Stanovení objemové hmotnosti betonu	16
3.1.4	Odolnost povrchu betonu proti vodě a CHRL za současného působení mrazu	16
3.2	Zkoušky RCT – chloridový test	17
3.3	Neutralizace (karbonatace) – stanovení pH betonu	27
3.3.1	Fotodokumentace	28
3.4	Ověření tloušťky krycí vrstvy betonu	31
3.4.1	Protokoly exportované z programu Hilti PROFIS Ferroskan	34
3.5	Ověření stavu předpínací výztuže	47
3.5.1	Fotodokumentace	50
3.6	Ověření stavu dutin mezi nosníky	60
3.7	Korozní potenciálová mapa výztuže	68
4	Shrnutí výsledků diagnostického průzkumu	78
4.1	Spodní stavba	78
4.1.1	Opěry	78
4.1.2	Pilíř	78
4.2	Nosná konstrukce	78
4.2.1	Nosníky	78
4.2.2	Dobetonávky mezi nosníky	79
4.3	Doporučení pro statický výpočet	79
5	Přehled zatížitelnosti a hodnocení stavebního stavu	79

6	Návrh opatření	80
6.1	Krátkodobá opatření	80
6.2	Dlouhodobá opatření	80
7	Přílohy	80
7.1	Zpráva Kloknerova ústavu	80
7.2	Schéma zkušebních míst	103
7.3	Statický výpočet zatížitelnosti	104

1 ÚVOD

Předmětem diagnostického průzkumu je most evidenční číslo 193-020. Průzkum byl pracovníky firmy Pontex spol. s r.o. proveden na základě smlouvy „provedení diagnostického průzkumu mostu 193-020, Most přes řeku Úhlavku ve Stříbře“, viz [1]. Tato smlouva byla uzavřena s organizací Správa a údržba silnic Plzeňského kraje, p.o.

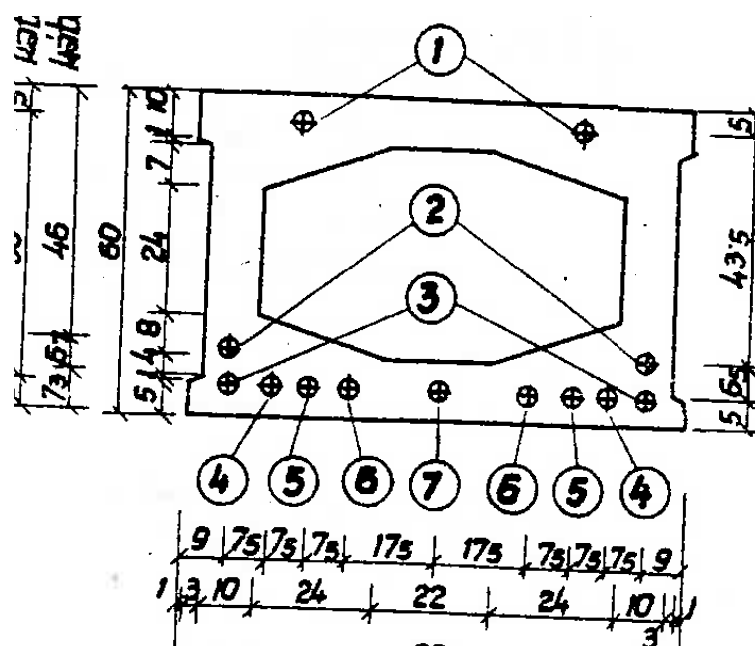
1.1 IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE

Objekt:	Most ev. č. 193-020
Katastrální obec:	Stříbro [561215]
Katastrální území:	Stříbro [757837]
Kraj:	Plzeňský
Stavebník/objednatel:	Správa a údržba silnic Plzeňského kraje, p.o. Koterovská 462/162, Koterov, 326 00 Plzeň IČO: 720 53 119 DIČ: CZ72053119
Zhotovitel průzkumu:	Pontex, spol. s r. o. Bezová 1658/1, 147 00 Praha 4 - Braník IČO: 40763439, DIČ: CZ40763439, zodpovědný projektant: Ing. Tomáš Míčka
Délka NK mostu:	27.3 m
Rozpětí pole:	13 m
Šířka mostu:	10.37 m
Výška mostu:	4.5 m
Směrové vedení:	přímá

1.2 POPIS MOSTU

Založení mostního objektu je plošné. Most o dvou polích má betonovou spodní stavbu. Opěry mají masivní dříky z prostého betonu a železobetonové úložné prahy. Střední pilíř má tři stojky kruhového průřezu (se sešikmením proti proudu vody) průměru 0.6 m s masivním stativem. Všechna křídla jsou svahová, šikmá, oddílatovaná. Nosná konstrukce o dvou prostých polích je vyskládána z 10 ks předpjatých nosníků KA - 61/12. Skutečnost, že nosníky jsou tohoto typu, bylo ověřeno průzkumem. Nosníky jsou uloženy přímo na opěry prostřednictvím asfaltové lepenky. Jsou užity podpovrchové mostní závěry. Vozovka je živičná, šířka mezi římsami je 7.8 m, má střežovitý příčný sklon. Vpravo je chodník š. 1.5 m, který vznikl rozšířením římsy. Povrch chodníku je betonový. Římsa vpravo je vyskládána z prefabrikovaných dílců dl. 1.0 m s nízkým okapovýmnosem. Římsa vlevo je železobetonová monolitická s lícními prefabrikáty. Izolace je dle dokumentace vanová ze 4 nátěrů isolační hmotou, skelné tkaniny a lepenky. Na levé straně je nové ocelové mostní zábradlí se svislou výplní. Na pravé straně je původní ocelové trubkové zábradlí z doby výstavby vyskládané z jednotlivých dílů délky 4.0 m. Výška zábradlí na pravé straně je 1.06 m. Most je označen evidenčním číslem a značkami omezujícími zatížitelnost (B13 = 16 tun a E13 = 44 t). Na samostatném sloupku je tabulka s názvem vodoteče. Pod mostem teče ve 2. poli řeka Úhlavka, dno koryta je zpevněné dlažbou z lomového kamene. První pole slouží jako inundační, je zde betonové koryto náhonu. Těsně pod mostem se Úhlavka vlévá do Mže. Na mostě je veden dálkový telefonní kabel v chodníku vpravo. Ve stojkách P2 jsou trubky SZ. Srážková voda je odváděna příčným a podélným sklonem vozovky na mostní předpolí.

Půdorysné schéma viz kapitola 7.2, příčný řez viz příloha Statický výpočet, kapitola 7.3.



Obrázek 1 Schéma předpínacích kabelů uprostřed rozpětí, označení kabelů



Obrázek 2 Podhled NK mostu v poli 2

1.3 PRÁCE DIAGNOSTICKÉHO PRŮZKUMU

V rámci diagnostického průzkumu byly provedeny tyto práce:

- Diagnostický průzkum mostu:
 - Ověření kvality betonu (zjištění pevnosti v tlaku, obj. hmotnosti a nasákavosti),
 - ověření kvality betonu (ověření odolnosti proti chemickým a rozmrazovacím látkám metodou C, pozn.: v nabídkovém rozpisu označováno jako CHRL metoda C. Na vybraných vývrtech byla provedena metoda A)
 - orientační zjištění obsahu chloridových iontů v odebraných práškových vzorcích,
 - stanovení hloubky neutralizace (karbonatace) betonu,
 - nedestruktivní ověření tl. krycí vrstvy a polohy výztuže NK,
 - ověření stavu předpínací výztuže,
 - půlčlanková metoda,
 - ověření stavu dutin nosné konstrukce.
- Ostatní:
 - Fotodokumentace k jednotlivým pracím,
 - statický výpočet zatížitelnosti.

Práce byly provedeny týmem pracovníků skupiny diagnostiky firmy Pontex, spol. s r. o. ve složení: Ing. Tomáš Míčka, Ing. Marek Vokál, Ondřej Mohyla. Rozsah prací byl jednoznačně stanoven rozpisem s kalkulací, který byl schválen objednatelem a je přílohou smluvního vztahu. Staničení mostu je totožné se staničením komunikace, tj. ze Stříbra do Kladrub. Pro účely prohlídky a diagnostických prací jsou v souladu s ML i archivní dokumentací číslovány podpěry ve směru staničení. Opěra OP1 je na straně u Stříbra, PIL2 je jediná mezilehlá podpěra, opěra OP3 je Kladrubská.

Pole 1 označuje pole mostu mezi podpěrami OP1 a PIL2, pole 2 mezi podpěrami PIL2 a OP3. První dutina označuje levou dutinu, dutina č.2 je dutina nosníku č.2. Nosníky jsou číslovány při pohledu ve směru staničení zleva doprava.

Zpřístupnění konstrukce bylo z terénu. Dále bylo použito žebříků a lešení.

Předmětem diagnostického průzkumu je ověření stavu nosné konstrukce i spodní stavby.

1.4 ZKRATKY A ZNAČENÍ

NK – nosná konstrukce.

SS – spodní stavba.

OP – opěra.

PIL – pilíř.

L – rozpětí, L/2 polovina rozpětí.

H – výška prvku.

MZ – mostní závěr.

Š – šířka prvku.

ML – mostní list.

Dobetonávka - označuje uzavírací spáru mezi prafabrikovanými nosníky KA-61.

P – vývrt.

CHRL – chemické rozpustné látky.

RCT – rapid chlorid test.
K – zkouška karbonatace.
PV – zkouška ověření stavu předpínací výztuže.
FQ – zkouška přístrojem Hilti PS 200, pásový pojezd.

1.5 STRUČNÁ HISTORIE MOSTU

Prováděcí dokumentace byla zpracována v roce 1962. Od výstavby nebyly provedeny žádné práce, kromě údržby a pravděpodobně opravy vozovky. Jedinou výjimku tvoří výměna levé římsy v roce 2020.

2 PODKLADY, NORMY, LITERATURA, PROGRAMY

2.1 PODKLADY

- [1] Smlouva: provedení diagnostického průzkumu mostu 193-020, Most přes řeku Úhlavku ve Stříbře; uzavřená s organizací Správa a údržba silnic Plzeňského kraje, p.o.
- [2] Původní archivní dokumentace: Přestavba mostu přes Úhlavku na silnici II. tř. č. 193 u Stříbra, Dopravoprojekt, 1962.
- [3] Vliv koroze na vlastnosti ocelové předpínací výztuže, Sborník 26. Betonářské dny (2019), ISBN 978-80-907611-2-4, kolektiv autorů Doc. Ing. Jiří Kolísko, Ph.D., Ing. Petr Pokorný, Ph.D., Ing. Vítězslav Vacek, CSc., Ing. Michaela Kostecká, Ph.D., Kloknerův ústav ČVUT.
- [4] Sanace a údržba betonu v ilustracích; Emmons.
- [5] Diagnostika stavebních konstrukcí; Dohnálek.
- [6] Atmosférická koroze betonů; Matoušek, Drochytka.
- [7] informace z evidenčního systému BMS, dostupné z www.bms.clevera.cz,
- [8] Prefabrikované cestné mosty svetlosti 9–12–15–18 m montované z predpatých nosníkov KA–61 – úplný typový podklad – Časť A, Štátný ústav pre projektovanie dopravných stavieb – Dopravoprojekt – Bratislava, 12/1961.

2.2 NORMY

- [A] ČSN EN 1990 – Zásady navrhování konstrukcí
- [B] ČSN EN 1992-2 – Navrhování betonových konstrukcí
Část 2: Betonové mosty – Navrhování a konstrukční zásady
- [C] ČSN EN 13670 Provádění betonových konstrukcí
- [D] ČSN EN 206+A2 Beton - Specifikace, vlastnosti, výroba a shoda
- [E] ČSN EN 1504 – 1 až 10 Výrobky a systémy pro ochranu a opravy betonových konstrukcí – Definice, požadavky, kontrola kvality a hodnocení shody – Část 1 až část 10

[F] ČSN 73 1370 Nedestruktivní zkoušení betonu – Společná ustanovení

[G] ČSN 73 2011 Nedestruktivní zkoušení betonových konstrukcí

[H] ČSN EN ISO 13 822 – Zásady navrhování konstrukcí – Hodnocení existujících konstrukcí, 12/2014

[I] ČSN 73 0038 – Hodnocení a ověřování stavebních konstrukcí – Doplnující ustanovení, 12/2014

2.3 PROGRAMY

- [a] **Hilti PROFIS Ferroscan**, Hilti AG, Release 5.6.2.0
- [b] **Excel** – tabulkový editor, © Microsoft
- [c] **BricsCAD 2018** Bricsys NV
- [d] **ConTeXt** – software for typesetting high-quality documents (nástroj pro sázení dokumentů)

3 ZJIŠTĚNÍ DIAGNOSTICKÉHO PRŮZKUMU

3.1 ZKOUŠKY NA ODEBRANÝCH JÁDROVÝCH VÝVRTECH A VZORCÍCH

Zkoušky na odebraných jádrových vývrtech byly provedeny akreditovanou laboratoří Kloknerův ústav ČVUT. Protokol k provedeným zkouškám je nedílnou součástí tohoto elaborátu, viz kapitola 7.1. Z jednotlivých vývrtů byl vyhotoven jeden nebo dva zkušební vzorky, na kterých byla zjišťována pevnost v tlaku, nasákavost a objemová hmotnost.

Popis míst pro zkoušky CHRL viz kapitola 3.1.4. Následuje tabulka míst vývrtů pro zkoušky pevnosti a objemové hmotnosti, výsledné hodnoty viz také kap 7.1.

3.1.1 STANOVENÍ PEVNOSTI V TLAKU BETONU

Cílem zkoušky bylo stanovení pevnosti v tlaku betonu nosné konstrukce a spodní stavby. Za tímto účelem bylo ze spodní stavby odebráno 8 jádrových vývrtů, z NK 4 vývrty. Průměr vrtu $\varnothing$ 100 mm, v některých případech kvůli hustému vyztužení menší, $\varnothing$ 80 mm. Poloha vývrtů byla ve smyslu požadavků platných ČSN volena ve vizuálně dobrém betonu. Vzorky se volily z různých částí konstrukce pro získání co možná nejvíce dat o kvalitě betonu v celé konstrukci.

Vývrt:	Popis zkoušené části konstrukce	$f_{c, is}$ [MPa]
P1	pole 2 vpravo, polovina rozpětí, polovina výšky nosníku	32.9
P2	pole 1 vpravo, polovina rozpětí, polovina výšky nosníku	52.8
P3	pole 1 vlevo, polovina rozpětí, polovina výšky nosníku	70.2
P4	pole 2 vlevo, polovina rozpětí, polovina výšky nosníku	33.1
P5	opěra 3, dřík 4 m od levého boku, 1.3 m nad terénem	17.6
P6	opěra 3, dřík 4 m od pravého boku, 1.1 m nad terénem	24.6
P7	levá stojka, mezi stálými zařízeními zprava, 1.1 m nad terénem	24.7
P8	střední stojka, nad stálými zařízeními zprava, 1.8 m nad terénem	26.3
P9	stativo nad levou stojkou, polovina výšky, směrem do pole 1	21.9
P10	stativo nad střední stojkou, polovina výšky, směrem do pole 1	31.6
P11	opěra 1, polovina šířky, 1.1 m nad terénem	26.5
P12	opěra 1, 2.5 m od pravé hrany, 1.5 m nad terénem	18.5

Pozn: $f_{c, is}$ - změřená válcová pevnost v tlaku [MPa]

Zkouška pevnosti betonu v tlaku byla provedena dle ČSN EN 12504-1 a ČSN EN 12390-3. Vyhodnocení a zařídění do pevnostní třídy proběhlo podle původně platné a současně platné normy, viz dále.

Beton opěr**Odhad pevnosti v tlaku pro vyhodnocení existujících konstrukcí dle ČSN EN 13791****Užívané zkratky a značky:**

$f_{ck, is}$	charakteristická pevnost betonu v tlaku v konstrukci
$f_{c, m(n)is}$	střední hodnota pevnosti v tlaku v konstrukci ze souboru "n" zkušebních míst
k_n	koeficient kvantilu charakteristické hodnoty [EN 1990:2002] v závislosti na počtu "n" měření
s	směrodatná odchylka (výběrová hodnota stanovená z měřených dat) je užita vyšší z vypočtené hodnoty nebo hodnota součinitele variability 8 %
$f_{c, is, lowest}$	nejnižší hodnota pevnosti v tlaku v konstrukci ze souboru "n" zkušebních vzorků
M	hodnota rozpětí závislá na $f_{c, is, lowest}$ [MPa] z tab 7. ČSN EN 13791
f_{ck}	charakteristická pevnost betonu v tlaku v konstrukci (5% kvantil rozdělení pevnosti f_c)
n	počet vyhodnocených zkušebních vzorků (měření)

Užívané vzorce:

$$f_{ck, is, 1} = f_{c, m(n)is} - k_n \cdot s$$

$$f_{ck, is, 2} = f_{c, is, lowest} + M$$

$$f_{ck} = \min(f_{ck, is, 1}, f_{ck, is, 2})$$

Zjištěné pevnosti:

$f_{c, is}$ / MPa
17.6
24.6
26.5
18.5

Vyhodnocení:

$$f_{ck, is, 1} = 21.80 - 2.63 \cdot 4.414 = 10.19 \text{ MPa}$$

$$f_{ck, is, 2} = 17.60 + 3 = 20.60 \text{ MPa}$$

$$f_{ck} = 10.19 \text{ MPa (válcová)}$$

u malých zkušebních oblastí lze podle článku 8.1 (7) uvažovat f_{ck} jako nejmenší hodnota z vývrtů:

$$f_{ck} = 17.60 \text{ MPa (válcová)}$$

Dle vyhodnocení zkoušek přísl. beton splňuje požadavky kladené pro pevnostní třídu

C16/20

Beton prefabrikovaných nosníků**Odhad pevnosti v tlaku pro vyhodnocení existujících konstrukcí dle ČSN EN 13791****Užívané zkratky a značky:**

$f_{ck, is}$	charakteristická pevnost betonu v tlaku v konstrukci
$f_{c, m(n)is}$	střední hodnota pevnosti v tlaku v konstrukci ze souboru "n" zkušebních míst
k_n	koeficient kvantilu charakteristické hodnoty [EN 1990:2002] v závislosti na počtu "n" měření
s	směrodatná odchylka (výběrová hodnota stanovená z měřených dat)
	je užita vyšší z vypočtené hodnoty nebo hodnota součinitele variability 8 %
$f_{c, is, lowest}$	nejnižší hodnota pevnosti v tlaku v konstrukci ze souboru "n" zkušebních vzorků
M	hodnota rozpětí závislá na $f_{c, is, lowest}$ [MPa] z tab 7. ČSN EN 13791
f_{ck}	charakteristická pevnost betonu v tlaku v konstrukci (5% kvantil rozdělení pevnosti f_c)
n	počet vyhodnocených zkušebních vzorků (měření)

Užívané vzorce:

$$f_{ck, is, 1} = f_{c, m(n)is} - k_n \cdot s$$

$$f_{ck, is, 2} = f_{c, is, lowest} + M$$

$$f_{ck} = \min(f_{ck, is, 1}, f_{ck, is, 2})$$

Zjištěné pevnosti:

$f_{c, is}$ / MPa
32.9
52.8
70.2
33.1

Vyhodnocení:

$$f_{ck, is, 1} = 47.25 - 2.63 \cdot 17.92 = 0.114 \text{ MPa}$$

$$f_{ck, is, 2} = 32.90 + 4 = 36.90 \text{ MPa}$$

$$f_{ck} = 0.11 \text{ MPa (válnová)}$$

u malých zkušebních oblastí lze podle článku 8.1 (7) uvažovat f_{ck} jako nejmenší hodnota z vývrtů:

$$f_{ck} = 32.90 \text{ MPa (válnová)}$$

Dle vyhodnocení zkoušek přísl. beton splňuje požadavky kladené pro pevnostní třídu

C30/37

Beton pilíře**Odhad pevnosti v tlaku pro vyhodnocení existujících konstrukcí dle ČSN EN 13791****Užívané zkratky a značky:**

$f_{ck, is}$	charakteristická pevnost betonu v tlaku v konstrukci
$f_{c, m(n)is}$	střední hodnota pevnosti v tlaku v konstrukci ze souboru "n" zkušebních míst
k_n	koeficient kvantilu charakteristické hodnoty [EN 1990:2002] v závislosti na počtu "n" měření
s	směrodatná odchylka (výběrová hodnota stanovená z měřených dat) je užita vyšší z vypočtené hodnoty nebo hodnota součinitele variability 8 %
$f_{c, is, lowest}$	nejnižší hodnota pevnosti v tlaku v konstrukci ze souboru "n" zkušebních vzorků
M	hodnota rozpětí závislá na $f_{c, is, lowest}$ [MPa] z tab 7. ČSN EN 13791
f_{ck}	charakteristická pevnost betonu v tlaku v konstrukci (5% kvantil rozdělení pevnosti f_c)
n	počet vyhodnocených zkušebních vzorků (měření)

Užívané vzorce:

$$f_{ck, is, 1} = f_{c, m(n)is} - k_n \cdot s$$

$$f_{ck, is, 2} = f_{c, is, lowest} + M$$

$$f_{ck} = \min(f_{ck, is, 1}, f_{ck, is, 2})$$

Zjištěné pevnosti:

$f_{c, is}$ / MPa
24.7
26.3
21.9
31.6

Vyhodnocení:

$$f_{ck, is, 1} = 26.13 - 2.63 \cdot 4.078 = 15.4 \text{ MPa}$$

$$f_{ck, is, 2} = 21.90 + 4 = 25.90 \text{ MPa}$$

$$f_{ck} = 15.40 \text{ MPa (válcová)}$$

Dle vyhodnocení zkoušek přísl. beton splňuje požadavky kladené pro pevnostní třídu

C12/15

Stanovení charakteristické pevnosti betonu v tlaku - opěry**Zatřídění postup B (ČSN EN 13791, tabulka 2) - v současnosti již neplatná norma**

Stanovené hodnoty $f_{c, cyl}$
17.6
24.6
26.5
18.5

4.41437 s_x , výběrová směrodatná odchylka souboru hodnot21.8 $f_{m(n),is}$ - aritmetický průměr hodnot20.25% V_x , variační součinitel

$f_{m(n),is}$	min	n	k
21.80	17.6	4	7

$$f_{ck,is,cube,1} = f_{m(n),is} - k$$

$$f_{ck,is,cube,2} = f_{is,min} + 4$$

$$f_{ck,is,cube,min} = \min(f_{ck,is,cube,1}, f_{ck,is,cube,2})$$

(v těchto vztazích může být použito i *cyl* místo *cube*) $f_{ck,is,cyl} =$ **14.8 Mpa**, minimální charakteristická pevnost betonu v konstrukci

ČSN 13791 tabulka 1

		$f_{ck,is,cyl}$	$f_{ck,is,cube}$
C	8 /10	7	9
C	12 /15	10	13
C	16 /20	14	17
C	20 /25	17	21
C	25 /30	21	26
C	30 /37	26	31
C	35 /45	30	38
C	40 /50	34	43
C	45 /55	38	47
C	50 /60	43	51
C	55 /67	47	57
C	60 /75	51	64
C	70 /85	60	72
C	80 /95	68	81
C	90 /105	77	89
C	100 /115	85	98

Výsledný beton**C 16 /20**

Stanovení charakteristické pevnosti betonu v tlaku - nosník**Zatřídění postup B (ČSN EN 13791, tabulka 2) - v současnosti již neplatná norma**

Stanovené hodnoty $f_{c, cyl}$
32.9
52.8
70.2
33.1

17.92252 s_x , výběrová směrodatná odchylka souboru hodnot47.25 $f_{m(n),is}$ - aritmetický průměr hodnot37.93% V_x , variační součinitel

$f_{m(n),is}$	min	n	k
47.25	32.9	4	7

$$f_{ck,is,cube,1} = f_{m(n),is} - k$$

$$f_{ck,is,cube,2} = f_{is,min} + 4$$

$$f_{ck,is,cube,min} = \min(f_{ck,is,cube,1}, f_{ck,is,cube,2})$$

(v těchto vztazích může být použito i *cyl* místo *cube*) $f_{ck,is,cyl} =$ **36.9 Mpa**, minimální charakteristická pevnost betonu v konstrukci

ČSN 13791 tabulka 1

		$f_{ck,is,cyl}$	$f_{ck,is,cube}$
C	8 /10	7	9
C	12 /15	10	13
C	16 /20	14	17
C	20 /25	17	21
C	25 /30	21	26
C	30 /37	26	31
C	35 /45	30	38
C	40 /50	34	43
C	45 /55	38	47
C	50 /60	43	51
C	55 /67	47	57
C	60 /75	51	64
C	70 /85	60	72
C	80 /95	68	81
C	90 /105	77	89
C	100 /115	85	98

Výsledný beton**C 40 /50**

Stanovení charakteristické pevnosti betonu v tlaku - pilíř**Zatřídění postup B (ČSN EN 13791, tabulka 2) - v současnosti již neplatná norma**

Stanovené hodnoty $f_{c, cyl}$
24.7
26.3
21.9
31.6

4.077888 s_x , výběrová směrodatná odchylka souboru hodnot26.125 $f_{m(n),is}$ - aritmetický průměr hodnot15.61% V_x , variační součinitel

$f_{m(n),is}$	min	n	k
26.13	21.9	4	7

$$f_{ck,is,cube,1} = f_{m(n),is} - k$$

$$f_{ck,is,cube,2} = f_{is,min} + 4$$

$$f_{ck,is,cube,min} = \min(f_{ck,is,cube,1}, f_{ck,is,cube,2})$$

(v těchto vztazích může být použito i *cyl* místo *cube*) $f_{ck,is,cyl} =$ **19.13 Mpa**, minimální charakteristická pevnost betonu v konstrukci

ČSN 13791 tabulka 1

		$f_{ck,is,cyl}$	$f_{ck,is,cube}$
C	8 /10	7	9
C	12 /15	10	13
C	16 /20	14	17
C	20 /25	17	21
C	25 /30	21	26
C	30 /37	26	31
C	35 /45	30	38
C	40 /50	34	43
C	45 /55	38	47
C	50 /60	43	51
C	55 /67	47	57
C	60 /75	51	64
C	70 /85	60	72
C	80 /95	68	81
C	90 /105	77	89
C	100 /115	85	98

Výsledný beton**C 20 /25**

ZHODNOCENÍ ZKOUŠEK PEVNOSTI BETONU

Třída betonu podle původní dokumentace je u dříků opěr B135 (úložné prahy B170), dnešní třída C 8/10 (úložné prahy C-/13.5), u stojek a stativa B250, dnešní třída C16/20. Prefabrikované nosníky jsou podle typového podkladu z betonu třídy B500, dnešní třída C35/45. Dobetonávka mezi prefabrikovanými nosníky je dle typového podkladu z B330, dnešní třída C-/28. Vyhodnocení a zařídění do pevnostní třídy proběhlo podle původně platné a současně platné normy. Výsledky jsou porovnány a na základě zkušeností s podobnými konstrukcemi je stanovena výsledná třída pevnosti, s kterou doporučujeme uvažovat ve statickém výpočtu. Důvodem pro porovnávání více norem je, že platná norma vyžaduje pro odhad pevnosti minimálně 8 zkoušek, které ale nejsou k dispozici. Výsledky podle platné normy je tak třeba brát za orientační.

Vyhodnocení pevnostních tříd betonu

Část konstrukce	Ar. dok.	Dle pův. normy*	Dle souč. normy	Výsledná doporučená
Opěry	C8/10	C16/20	C16/20	C16/20
Nosníky	C35/45	C40/50	C30/37	C35/45
Pilíř	C16/20	C20/25	C12/15	C16/20

Legenda:

- Dle pův. normy* - pevnostní třída betonu z diagnostického průzkumu vyhodnocena dle ČSN EN 13791 (červen 2007)
- Dle souč. normy - pevnostní třída betonu z diagnostického průzkumu vyhodnocena dle ČSN EN 13791 (únor 2020)
- Ar. dok. - třída pevnosti dle archivní dokumentace

Popis betonu odebraných vývrtů je součástí expertní zprávy, viz příloha na konci dokumentu, kapitola 7.1.

3.1.2 ZJIŠTĚNÍ NASÁKAVOSTI BETONU

Zkouška byla provedena dle ČSN 73 1316. Základním principem zkoušky nasákavosti je zjištění hmotnosti vodou zcela nasycených vzorků a hmotnosti vysušených vzorků. Při zkoušce jsou vzorky nejprve ponořeny do nádoby s vodou a v časových intervalech je zjišťována hmotnost vzorků do ustálení. Následně jsou vzorky zcela vysušeny za předepsané teploty a zváženy. Z poměrů hmotností je poté stanoven procentuální obsah otevřených pórů v betonu. Nasákavost tedy představuje schopnost materiálu přijímat do svých pórů kapalinu. Výsledek zkoušky ukazuje na trvanlivost resp. mrazuvzdornost daného prvku konstrukce. Nasákavost betonu vypovídá o schopnosti nasáknout vodu se vším, co obsahuje, proto vysoká nasákavost znamená obecně sníženou odolnost - zejména v případě přítomnosti solí, které jsou pro beton destruktivní, viz také kapitola 3.1.4 a 3.2.

Zjištěné hodnoty byly porovnávány s limitní hodnotou nasákavosti pro beton 6.5 %. Tato hodnota vychází z postupu stanovení mrazuvzdornosti betonu nasákavostí, metodou A podle ČSN 73 1325, kdy při dosažení aritmetického průměru hodnot nasákavostí nad 6.5 % je považován beton za nedostatečně mrazuvzdorný.

Výsledky zjištění nasákavosti betonu viz následující tabulka:

Vývrt:	Nasákavost	Posouzení
P1	4.4 %	vyhovuje
P2	5.8 %	vyhovuje
P3	3.3 %	vyhovuje
P4	6.2 %	vyhovuje
P5	8.5 %	Nevyhovuje

P6	6.5 %	Nevyhovuje
P7	5.8 %	vyhovuje
P8	7.5 %	Nevyhovuje
P9	8.1 %	Nevyhovuje
P10	7 %	Nevyhovuje
P11	7.6 %	Nevyhovuje
P12	10.7 %	Nevyhovuje

Opěry mají podle zkoušek nasákavost 6.5 - 10.7 %; průměrně 8.3 %; vyhovuje 0 % vzorků, nasákavost je velmi vysoká, beton nevyhovuje. **Pilíř** má podle zkoušek nasákavost 5.8 - 8.1 %; průměrně 7.1 %; vyhovuje 25 % vzorků, všechny vzorky jsou poblíž limitní hodnotě, celkově beton nevyhovuje. **Nosníky** mají podle zkoušek nasákavost 3.3 - 6.2 %; průměrně 4.9 %; celkově beton vyhovuje.

3.1.3 STANOVENÍ OBJEMOVÉ HMOTNOSTI BETONU

Zkouška byla provedena metodou vážení na suchu a ve vodě podle ČSN EN 12390-7.

Vývrt:	Objemová hmotnost [kg/m ³]
P1	2550
P2	2570
P3	2580
P4	2430
P5	2310
P6	2340
P7	2380
P8	2360
P9	2300
P10	2460
P11	2290
P12	2090

ZHODNOCENÍ VÝSLEDNÝCH HODNOT OBJEMOVÉ HMOTNOSTI BETONU

Objemová hmotnost betonu vzorků z vývrtů odpovídá hodnotám pro obyčejný beton. Průměrná objemová hmotnost je 2388 kg/m³. Hodnoty mají poměrně vysoký rozptyl.

3.1.4 ODOLNOST POVRCHU BETONU PROTI VODĚ A CHRL ZA SOUČASNÉHO PŮSOBNÍ MRAZU

Zkouška odolnosti povrchu betonu proti působení vody a CHRL (chemickým rozmrazovacím látkám) byla provedena na 6 ks jádrových vývrtů ø 150 mm nebo 100 mm odebraných ze spodní stavby. Menší vývrty byly voleny kvůli množství výztuže. Metoda A a C byla volena podle profilu vývrtu, který se podařilo odebrat. Metoda A se na základě zkušeností provádí na menších vývrtech, než ø 150 mm. Vývrty byly odebrány z pohledově dobrých míst (v místech bez mechanických poruch, avšak s pravděpodobnějším zatékáním), popis míst viz kapitola 7.1 a tabulka dále v této kapitole.

Vlastní zkouška se provádí v akreditované zkušební laboratoři na dva způsoby: **1.) metodou automatického cyklování C** (ve zkratce metoda „C“) dle ČSN 73 1326 včetně změn a TKP 18 přílohy 3. V průběhu

zkoušky je po 25, 50 a 75 cyklech provedeno vážení a vizuální posouzení porušení povrchu vzorku. Při metodě C je vzduch na straně povrchu vývrtu udržován při teplotě $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ po dobu 3 hodin.

2.) metodou automatického cyklování A. Po 25, 50, 75 a 100 cyklech je provedeno vážení a vizuální posouzení porušení povrchu vzorku. Při metodě A je voda na dně zkušebního prostoru udržována při teplotě $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$ po dobu 15 minut. Metoda A je obdoba metody C s tím, že metodika posudků a limit odpadů jsou pro obě tyto metody stejné.

Výsledky zkoušky odolnosti jsou vyhodnoceny dle TKP 18 pro třídu prostředí XF2 - zvýšená vlhkost nebo voda a přímé působení chemických rozmrazovacích látek. Získané výsledky byly porovnány s kritériem odolnosti povrchu betonu proti působení vody, mrazu a roztoku CHRL pro danou konstrukci a použitou metodu – odpad 1250 g/m^2 po 75 cyklech. Pozn.: V případě uvažování třídy prostředí XF4 je limitní hodnota odpadu 1000 g/m^2 po 75 cyklech.

Následuje tabulka míst a zjištěných odpadů.

Vývrt:	Popis zkoušené části konstrukce	odpady / g/m^2
C1	pole 2 vpravo, polovina výšky nosníku, polovina rozpětí	646
C2	pole 1 vpravo, polovina výšky nosníku, polovina rozpětí	596
C3	opěra 3, 4,5 m od levé hrany, 1,3 m nad terénem	5838
C4	stativo nad pravou stojkou směrem do pole 1, 1/3 výšky	10198
C5	pravá stojka zleva, 1,7 m nad terénem	7005
C6	opěra 1, 2,5 m od levé hrany, 1,7 m nad terénem	987

ZHODNOCENÍ VÝSLEDKŮ ZKOUŠEK ODOLNOSTI POVRCHU BETONU

Spodní stavba: Podle výsledků vzorků beton opěr a pilíře má v jednom ze čtyř vzorků dostatečnou resp. vyhovující odolnost povrchu vůči působení vody a CHRL. Tento vzorek vyhověl jen velmi těsně. Vzorky mají rozsah $987\text{--}10198\text{ g/m}^2$. Celkově tak lze povrch betonu považovat za nevyhovující, má velmi nízkou odolnost proti zmrazování za působení vody a CHRL.

Nosníky: Povrch betonu má vyhovující odolnost povrchu vůči působení vody a CHRL. Číselně bylo odpadů $596\text{ a }646\text{ g/m}^2$, oba vzorky vyhovují.

Vyhovující odolnost povrchu vůči působení vody a CHRL znamená, že v případě zatékání slané vody na betonový prvek nedochází brzy po začátku zatékání k degradaci a rozpadu.

3.2 ZKOUŠKY RCT – CHLORIDOVÝ TEST

Zkoušky RCT slouží k orientačnímu stanovení míry kontaminace betonu chloridovými ionty v závislosti na hloubce. Během provádění průzkumu bylo zkušebních místech konstrukce odebráno nejčastěji po 3 vzorcích z různých hloubek. V případě zjišťování kontaminace v injektážní maltě předpínací výztuže byl odebrán pouze jeden vzorek. Zkušební místa byla vybrána v oblastech s projevy degradace betonu (poškozená krycí vrstva) či zatékání (průsaky, výluhy pojiva, apod.), které signalizují riziko zvýšené kontaminace chloridových iontů.

Měření množství chloridů bylo prováděno pomocí měřicí soupravy RCT firmy Germann - měření procenta chloridů v kyselinovém výluhu práškového vzorku betonu (celkové množství chloridů). Hodnoty procenta iontů Cl^- z hmotnosti betonu naměřené ve vzorcích byly při vyhodnocení dle kvality betonu vyšetřovaného prvku a z toho předpokládaného množství cementu na 1 m^3 betonu přepočítány na hodnoty procenta Cl^- z hmotnosti cementu. Převodní koeficient je uveden na protokolech z laboratorního měření, které jsou součástí této kapitoly. Zjištěný obsah chloridů porovnáváme s limity uváděnými v ČSN EN 206, které platí pro čerstvý beton resp. jeho složky. Pro železobeton je to $0,4\text{ }\%$, pro předpjatý beton je uvažována

hodnota 0.2 % chloridových iontů k hmotnosti cementu. Tyto hodnoty interpretujeme jako dolní mez intervalu, ve kterém začínají chloridy přispívat ke spuštění a urychlení koroze výztuže a nad těmito hodnotami označujeme beton za kontaminovaný.

Následující tabulka přináší popis zkušebních míst nosné konstrukce.

Zk. m.:	Popis zkoušené části konstrukce
RCT01	stativo vpravo, konzola
RCT02	pole 2, 2. nosník, u PV 17 a 18, 4 m od PIL2
RCT03	pole 2, 10. nosník, v místě výluhu, u PV22
RCT04	stativo and levou stojkou, v místě zatékání
RCT05	pole 1, spára mezi 1. a 2. nosníkem, v místě výluhu
RCT06	pole 2, spára mezi 1. a 2. nosníkem, v místě výluhu, 4 m od OP3
RCT07	OP3 vlevo, pod 1. nosníkem
RCT08	pole 2, spára mezi 9. a 10. nosníkem, v místě výluhu, 1 m od OP3
RCT09	OP3 vpravo, pod 10. nosníkem
RCT10	pole 2, bok 10. nosníku, 3 m od OP3
RCT11	dobetonávka nad pilířem PIL2, vpravo
RCT12	bok 10. nosníku, pole 1, L/2
RCT13	10. nosník, pole 1, výluh podél předpínací výztuže, u PV2, u L/2
RCT14	pole 1, spára mezi 8. a 9. nosníkem, v místě výluhu, 4 m od OP1
RCT15	OP1, 3 m od pravé strany, 0.3 m pod uložením
RCT16	OP1, střed šířky, polovina výšky
RCT17	stativo z pole 2, vlevo pod 1/2 nosníkem
RCT18	OP3, 3 m od pravého kraje, 2 m nad terénem
RCT19	OP1 vlevo, 2 m od levé hrany, 1.6 m nad terénem
RCT20	OP1 vlevo, 4 m od levé hrany, 2 m nad terénem
RCT21	injektážní malta z PV 17

Zk. m.:	Hodnocení koncentrace
----------------	------------------------------

RCT01	nadlimitní
RCT02	nadlimitní
RCT03	nadlimitní
RCT04	nadlimitní
RCT05	nadlimitní
RCT06	nadlimitní
RCT07	vysoce nadlimitní
RCT08	nadlimitní
RCT09	vysoce nadlimitní
RCT10	podlimitní
RCT11	nadlimitní
RCT12	nadlimitní
RCT13	podlimitní
RCT14	nadlimitní
RCT15	nadlimitní
RCT16	vysoce nadlimitní
RCT17	vysoce nadlimitní
RCT18	vysoce nadlimitní
RCT19	vysoce nadlimitní

RCT20 nadlimitní

RCT21 nadlimitní

Legenda:

- Nadlimitní/podlimitní – nadlimitní/podlimitní koncentrace chloridů dle ČSN EN 206,
- Zk. m. – zkušební místo.

Vyhodnocení Rapid Chloride Test - RCT®

Měření obsahu chloridových iontů v zatvrdlém betonu (v % k hmotnosti cementu)

Protokol: 2022/013

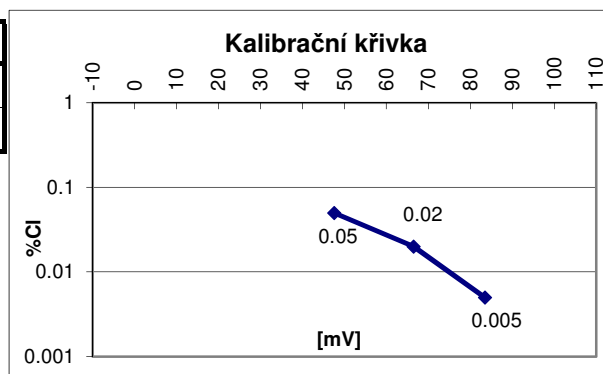
Datum: 17.8.2022

Vypracoval: O.Beran

Počet stran:

KALIBRACE

% Cl	0.005%	0.02%	0.05%	0.5%
PŘED [mV]	83.2	66.4	47.5	-11.2
PO [mV]	83.8	66.6	47.6	-11



PŘEPOČET DLE MNOŽSTVÍ CEMENTU V BETONU

Třída bet.	C12/15	C35/45	C8/10	C20/25
prvek	pilíř	nosník	opěra	dobetonáv.
koef. K	6.7	5.1	7.0	6.0

VÝSLEDKY MĚŘENÍ

Vzorek č.	Zkuš. místo	1.měření		2.měření		koef. K	% Cl k hm. cementu	hloubka [mm]	Zkoušený prvek
		[mV]	[% Cl-]	[mV]	[% Cl-]				
493	RCT 1	40.6	0.064	42.6	0.059	6.7	0.41	0-20	pilíř
518		20.4	0.143	21.1	0.139	6.7	0.95	20-40	
804		29.5	0.100	31.4	0.092	6.7	0.64	40-60	
643	RCT 2	26.4	0.113	26.8	0.111	5.1	0.57	0-20	nosník
916		37.2	0.073	39.5	0.067	5.1	0.36	20-40	
1012		20.5	0.143	21	0.140	5.1	0.72	40-60	
610	RCT 3	38.7	0.069	40.1	0.065	5.1	0.34	0-20	nosník
720		27.4	0.108	28.2	0.105	5.1	0.54	20-40	
1094		30.5	0.096	30.7	0.095	5.1	0.49	40-60	
345	RCT 4	62.6	0.026	63.7	0.024	6.7	0.17	0-20	pilíř
755		20	0.146	20.2	0.144	6.7	0.97	20-40	
783		21.7	0.136	22	0.134	6.7	0.91	40-60	
558	RCT 5	53.4	0.038	54.5	0.036	6.0	0.22	0-20	dobetonáv.
863		35.1	0.080	35.8	0.078	6.0	0.47	20-40	
997		22.5	0.132	23.1	0.129	6.0	0.78	40-60	
52	RCT 6	14.7	0.180	15	0.178	6.0	1.07	0-20	dobetonáv.
365		34.7	0.081	35.3	0.079	6.0	0.48	20-40	
1015		49.4	0.045	47.8	0.048	6.0	0.28	40-60	
308	RCT 7	12.4	0.197	12.5	0.196	7.0	1.38	0-20	opěra
583		16	0.171	16.2	0.169	7.0	1.19	20-40	
628		9.1	0.225	9.1	0.225	7.0	1.57	40-60	
40	RCT 8	56	0.034	57.8	0.031	5.1	0.17	0-20	nosník
703		57.4	0.032	59.7	0.029	5.1	0.16	20-40	
1045		50	0.044	50.5	0.043	5.1	0.22	40-60	
347	RCT 9	56.7	0.033	58.9	0.030	7.0	0.22	0-20	opěra
593		32.1	0.090	33.1	0.086	7.0	0.62	20-40	
827		19.4	0.149	20	0.146	7.0	1.03	40-60	

457	RCT 10	62.3	0.026	64.4	0.024	5.1	0.13	0-20	nosník
450		105.1	0.001	106.6	0.001	5.1	0.00	20-40	
340		120.7	0.000	120.5	0.000	5.1	0.00	40-60	
177	RCT 11	15.5	0.174	16.1	0.170	5.1	0.88	0-20	nosník
668		31.7	0.091	30.9	0.094	5.1	0.47	20-40	
721		30.9	0.094	31.2	0.093	5.1	0.48	40-60	
2	RCT 12	42.9	0.059	43.3	0.058	5.1	0.30	0-20	nosník
380		121.2	0.000	124.1	0.000	5.1	0.00	20-40	
717		129.1	0.000	132.2	0.000	5.1	0.00	40-60	
43	RCT 13	69	0.019	70.1	0.017	5.1	0.09	0-20	nosník
145		101.6	0.001	103.2	0.001	5.1	0.01	20-40	
219		84.6	0.005	85.2	0.005	5.1	0.03	40-60	
133	RCT 14	38.4	0.070	37.9	0.071	6.0	0.42	0-20	dobetonáv.
274		32.5	0.089	33	0.087	6.0	0.53	20-40	
770		47.3	0.049	47.5	0.049	6.0	0.29	40-60	
201	RCT 15	80	0.008	80.7	0.007	5.1	0.04	0-20	nosník
266		34.5	0.082	34.5	0.082	5.1	0.42	20-40	
327		30.1	0.097	30.8	0.095	5.1	0.49	40-60	
66	RCT 16	19.1	0.151	19.3	0.150	7.0	1.05	0-20	opěra
148		12.5	0.196	13	0.192	7.0	1.36	20-40	
381		7.4	0.240	7.5	0.239	7.0	1.68	40-60	
501	RCT 17	29.2	0.068	30	0.065	7.0	0.47	0-20	opěra
782		16.6	0.125	16	0.129	7.0	0.89	20-40	
933		5.5	0.215	5.1	0.220	7.0	1.52	40-60	
77	RCT 18	8.6	0.185	8.2	0.189	6.7	1.25	0-20	pilíř
367		0.1	0.280	-0.1	0.283	6.7	1.89	20-40	
991		3.5	0.237	3.3	0.240	6.7	1.60	40-60	
23	RCT 19	17.9	0.118	18.3	0.116	5.1	0.59	0-20	nosník
426		13	0.150	12.6	0.152	5.1	0.77	20-40	
857		0.2	0.279	-0.2	0.284	5.1	1.44	40-60	
382	RCT 20	9.6	0.176	9.3	0.179	5.1	0.91	0-20	nosník
527		9.7	0.176	9.1	0.181	5.1	0.91	20-40	
898		12.7	0.152	12	0.157	5.1	0.79	40-60	
198	RCT 21	24.6	0.085	23.8	0.088	5.1	0.44	0-20	nosník

ZHODNOCENÍ VÝSLEDKŮ CHLORIDOVÉHO TESTU

Závady signalizující přítomnost chloridových iontů v betonu byly zaznamenány na všech konstrukčních prvcích mostu.

Kontaminace konstrukce chloridy byly značné, často několikanásobně převyšovaly limitní hodnoty. Navíc vzorky často ukázaly nadlimitní kontaminaci v celé zkoušené hloubce až do cca 60 mm. Betonářská výztuž je v místech zatékání uložena v oblastech nadlimitní kontaminace. V těchto místech je snížená funkce krycí vrstvy a výztuži hrozí koroze, která probíhá výrazně rychleji, pokud probíhá za přítomnosti chloridů.

Pilíře vykazují v 8 z 9 případů nadlimitní koncentrace, často v celé zkoušené hloubce. Výsledné kontaminace jsou v rozmezí 0.17-1.89 %.

Opěry vykazují v 11 z 12 případů nadlimitní koncentrace, často v celé zkoušené hloubce. Výsledné kontaminace jsou v rozmezí 0.22-1.68 %.

Zkoušky **nosníků** vykazují v 70 % případů nadlimitní koncentrace, často v celé zkoušené hloubce. Výsledné kontaminace jsou v rozmezí 0.01-1.44 %; průměrně 0.41 %.

Zkoušky **dobetonávek mezi nosníky** vykazují ve 100 % případů nadlimitní koncentrace, často v celé zkoušené hloubce. Výsledné kontaminace jsou v rozmezí 0.22-1.07 %; průměrně 0.51 %.

Injektážní malta: byla zkoušena jen na jednom místě. Byla nalezena nadlimitní koncentrace chloridů. Jedná se o sondu PV17, sonda tak odhalila zatékání na předpínací výztuž, obecně se jedná o závadu, která hrozí i na dalších místech. Koroze za přítomnosti chloridových iontů a vody probíhá mnohonásobně rychleji, než pouze za přítomnosti vody, proto je tato závada závažná.

FOTOGRAFIE VYBRANÝCH MÍST



RCT02

Obrázek 3



RCT03

Obrázek 4



RCT06

Obrázek 5



RCT07

Obrázek 6



RCT08

Obrázek 7



RCT11

Obrázek 8



RCT12

Obrázek 9



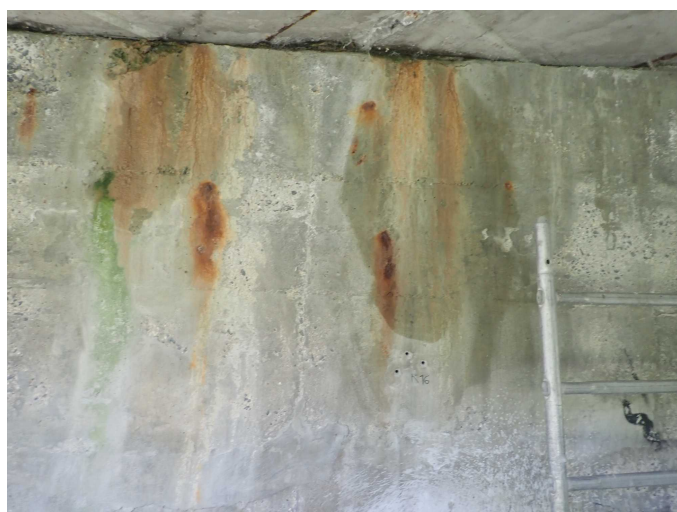
RCT13

Obrázek 10



RCT15

Obrázek 11



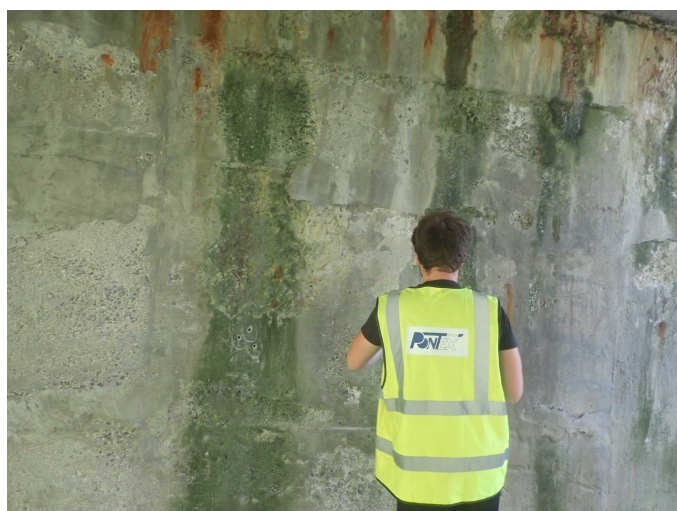
RCT16

Obrázek 12



RCT17

Obrázek 13



RCT18

Obrázek 14



RCT19

Obrázek 15

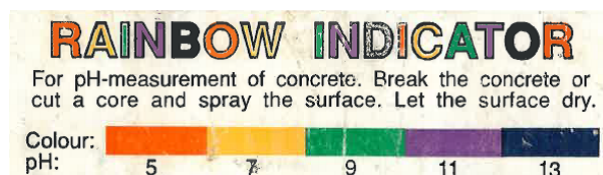


RCT20

Obrázek 16

3.3 NEUTRALIZACE (KARBONATACE) – STANOVENÍ PH BETONU

Zjištění hloubky prostupu karbonatačních procesů na základě změny pH betonu bylo provedeno na vybraných místech nosné konstrukce i spodní stavby tak, aby byl získán vzorek ze všech částí. Zkouška proběhla na samostatně upravených zkušebních místech, resp. na čisté lomové ploše betonu. Karbonatačními procesy dochází mj. ke snižování pH betonu (zásaditosti cementového tmelu), které slouží jako přirozená pasivace výztuže proti korozním procesům. Snižováním pH betonu se zvyšuje riziko koroze výztuže. Zjednodušeně představuje karbonatace reakci $Ca(OH)_2$ se vzdušným CO_2 a vlhkostí H_2O . Pro měření rozsahu prostupu karbonatačních procesů na základě změny pH byl použit směsný acidobazický indikátor firmy Germann – RAINBOW INDICATOR. Mezní hodnota, kdy beton přestává plnit svoji ochrannou protikorozní funkci je na přechodu mezi pH 9 a 10 (exaktně při pH = 9,6), v rámci použité metody je to při pH ≤ 9.



Obrázek 17 Barevné spektrum RAINBOW INDICATOR s ohledem na pH betonu

V následující tabulce je vždy popis zkoušeného místa na konstrukci a zjištěná hloubka postupu karbonatace.

Zk. m.:	Popis zkoušené části konstrukce	Hl. nadlim. karb.
K1	v místě P9 (stativo nad levou stojkou, polovina výšky, směrem do pole 1)	20 mm
K2	v místě P10 (stativo nad střední stojkou, polovina výšky, směrem do pole 1)	14 mm
K3	pravá stojka	3 mm
K4	OP3 pravá hrana, 0.9 m nad terénem	15 mm
K5	OP3 levá hrana, 1.2 m nad terénem	25 mm
K6	v místě PV23 (pole 2, 8. nosník)	1 mm
K7	v místě PV18 (pole 2, 2. nosník, 4 m od Pil 2, 12 cm od hrany)	1 mm
K8	v místě PV26 (pole 1, nad P2 vlevo, zvedaný kabel)	1 mm
K9	v místě PV27 (pole 2, nad P2 vlevo, zvedaný kabel)	2 mm

Legenda:

- Zk. m. – zkušební místo,
- karb. – karbonátace,
- hl. – hloubka.

3.3.1 FOTODOKUMENTACE



K01

Obrázek 18



K02

Obrázek 19



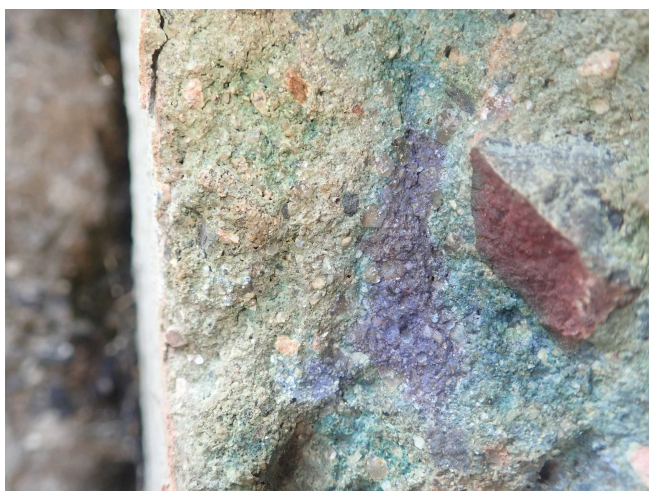
K03

Obrázek 20



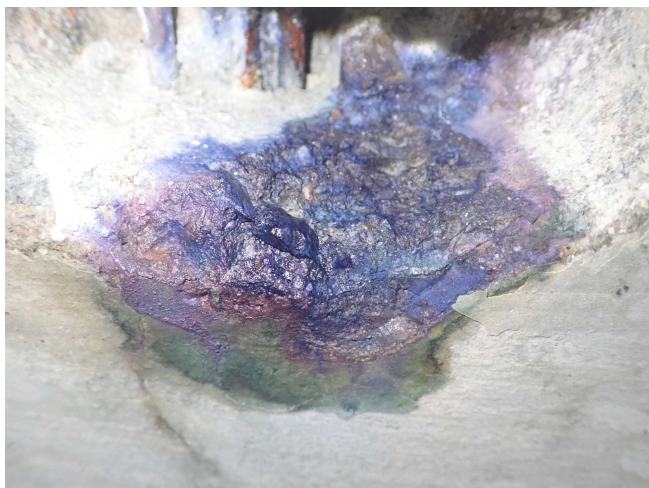
K04

Obrázek 21



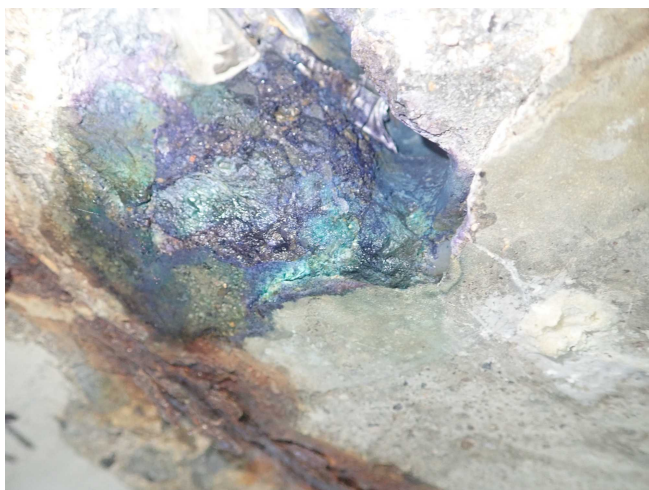
K05

Obrázek 22



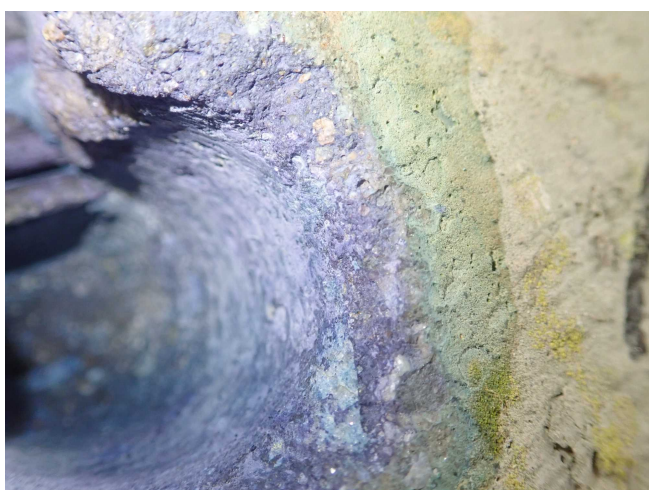
K06

Obrázek 23



K07

Obrázek 24



K08

Obrázek 25



K09

Obrázek 26

ZHODNOCENÍ VÝSLEDKŮ KARBONATACE BETONU

U pilíře jsou zjištěné hodnoty mezi 3 a 20 mm, průměrně 12 mm, u opěr jsou zjištěné hodnoty 15 a 25 mm, u nosníků jsou zjištěné hodnoty 1 a 2 mm.

Rozptyl zjištěných hodnot je značný. U spodní stavby je karbonatace vysoká a dosahuje často přes celou krycí vrstvu. Ochranná funkce krycí vrstvy je velmi snižena. U nosníků lze konstatovat, že hloubka karbonatace je velmi nízká. V tuto chvíli je betonářská výztuž NK uložena ve většině případů mimo prostředí se sníženou ochranou proti agresivitě prostředí. Ochranná funkce krycí vrstvy je ale snižena, lokálně již došlo k dosažení výztuže karbonatačními procesy a následné separaci krytí.

3.4 OVĚŘENÍ TLOUŠŤKY KRYCÍ VRSTVY BETONU

Ověření tloušťky krycí betonové vrstvy výztuže bylo provedeno nedestruktivně pomocí zařízení pracující na principu magnetického indikátoru výztuže: Hilti Ferroskan PS 200 (monitor PS 200 M a snímač PS 200 S). Celkem bylo provedeno 26 měření tl. krycí vrstvy pro ověření krytí a zjištění polohy výztuže. Měření byla provedena na vybraných místech vnějšího povrchu nosné konstrukce, aby bylo ověřeno množství výztuže, její poloha i tloušťka krycí vrstvy.

Popis metod pro stanovení tl. krycí vrstvy: Skenování výztuže v pásu - snímky FQ („QUICKSCAN“)

Po povrchu vyšetřovaného prvku je plynule posouván snímač PS 200 S. Přístroj akusticky indikuje výztuž uloženou příčně na směr posunu sondy a zaznamenává její polohu staničením od zvoleného počátku a hloubkou uložení, tj. tloušťkou krycí betonové vrstvy. Přístroj umožňuje získání grafu rozmístění výztuže v hloubce 0 – 100 mm, jejich uložení do paměti a následné zpracování na počítači. Aby se vyloučily chyby při zpracování, jsou snímky výztuže číslovány v pořadí měření, jak je zaznamenává Ferroskan. V následující tabulce je uvedeno hodnocení tloušťky krycí betonové vrstvy výztuže z hlediska dnešních normových požadavků, srovnání tl. krycí vrstvy s podklady a ostatními zjištěními jsou provedena na konci této kapitoly. Tloušťka minimální krycí betonové vrstvy betonářské výztuže je dle současných požadavků pro zkoušené prvky nosné konstrukce 45 mm (třída konstrukce S4, SAP XC4 + XD3). U předpínací výztuže je minimální tloušťka krytí o 5 mm vyšší. SAP označuje stupeň agresivity prostředí.

Zk. m.: Popis zkoušené části konstrukce

FQ01	Pole 2, 2. nosník u RCT6, 4 m od OP3; Podélný pojezd
FQ02	Pole 2, 1. + 2. + 3. nosník; Příčný pojezd
FQ03	Pole 2, levý bok, L/2; Podélný pojezd
FQ04	Pole 2, 3. nosník, 4 m od PIL2; Podélný pojezd
FQ05	Pole 2, 4. nosník, 2 m od PIL2; Podélný pojezd
FQ06	3. + 4. nosník, 2 m od PIL2; Příčný pojezd
FQ07	Pole 2, 6. nosník, 2 m od PIL2; Podélný pojezd
FQ08	Pole 2, 7. nosník, 2 m od PIL2; Podélný pojezd
FQ09	Pole 2, 4. + 5. nosník, 2 m od PIL2; Příčný pojezd
FQ10	Pole 2, 5 m od OP3, 7. nosník; Podélný pojezd
FQ11	Pole 2, 5 m od OP3, 8. nosník; Podélný pojezd
FQ12	Pole 2, 5 m od OP3, 3. + 4. nosník zprava; Příčný pojezd
FQ14	Pole 2, 10. nosník, L/2; Podélný pojezd
FQ15	Pole 2, 10. + 9. nosník, L/2; Příčný pojezd
FQ18	Pole 1, 10. + 9. nosník, L/2; Příčný pojezd
FQ19	Pole 1, 7. nosník zprava 3 m od PIL2; Podélný pojezd
FQ21	Pole 1, 7. + 8. nosník zprava 1 m od PIL2; Příčný pojezd
FQ22	Pole 1, 3. nosník, 1 m od PIL2; Podélný pojezd
FQ23	Pole 1, 2. nosník, 1 m od PIL2; Podélný pojezd
FQ24	Pole 1, 2. + 3. nosník, 1 m od PIL2; Příčný pojezd
FQ25	Pole 1, 3. nosník, L/2; Podélný pojezd
FQ26	Pole 1, 4. nosník, L/2; Podélný pojezd
FQ27	Pole 1, 3. + 4. nosník, L/2; Příčný pojezd
FQ28	Pole 1, 5. nosník zleva, 1 m od OP1; Podélný pojezd
FQ29	Pole 1, 6. nosník zleva, 1 m od OP1; Podélný pojezd
FQ30	Pole 1, 5+6 nosník zleva; Příčný pojezd

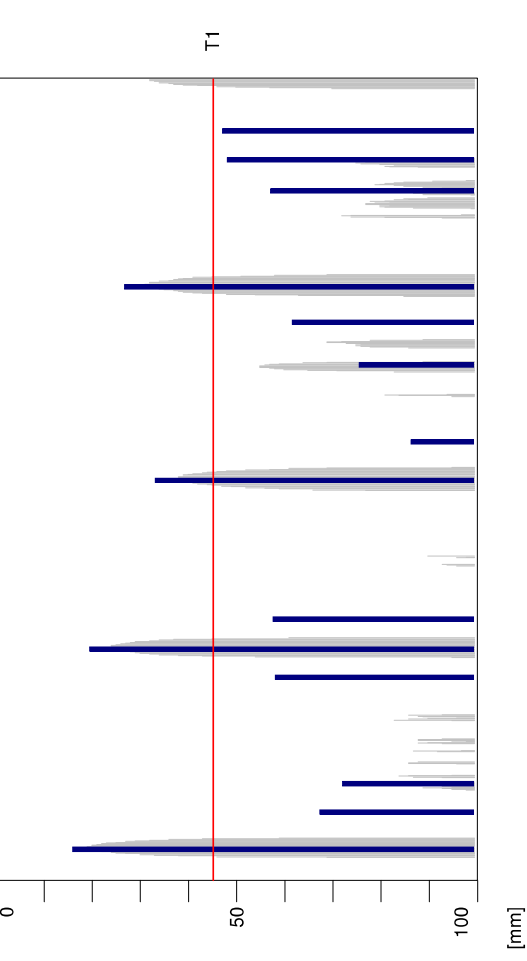
Směr pojezdu je uvažován s globálními směry mostu, „podélný pojezd“ označuje pojezd rovnoběžně s podélnou osou mostu.

Legenda:

- min., max. – minimální a maximální hodnota tloušťky krycí vrstvy betonu,
- $\varnothing$ – průměrná hodnota tloušťky krycí vrstvy betonu,
- Zk. m. – zkušební místo,
- * – Hodnocení z hlediska ČSN EN 1992-1-1.

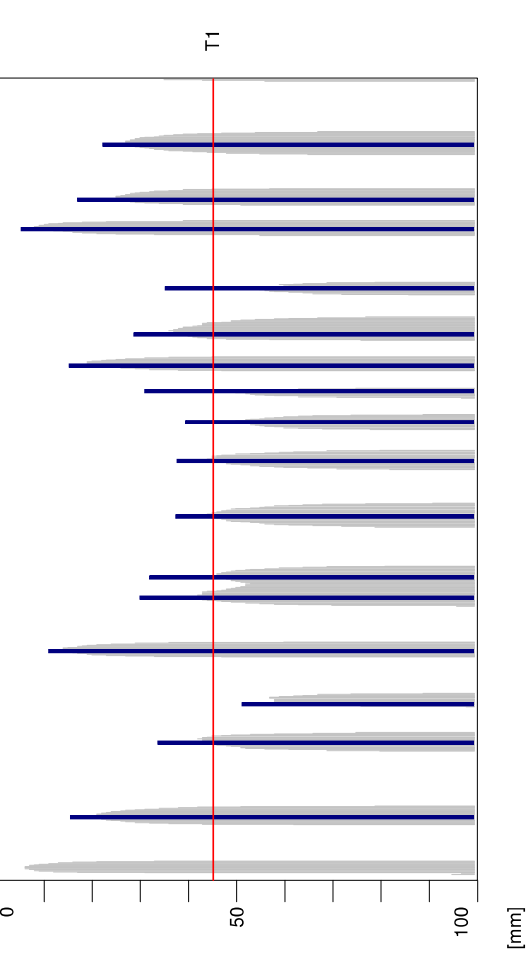
Zk. m.:	Krytí max.	Krytí min.	Krytí $\varnothing$	Hodnocení *
FQ01	87 mm	16 mm	22 mm	nevyhovuje
FQ02	51 mm	5 mm	27 mm	nevyhovuje
FQ03	9 mm	61 mm	13 mm	nevyhovuje
FQ04	17 mm	63 mm	24 mm	nevyhovuje
FQ05	17 mm	71 mm	20 mm	nevyhovuje
FQ06	7 mm	48 mm	27 mm	nevyhovuje
FQ07	15 mm	79 mm	27 mm	nevyhovuje
FQ08	22 mm	64 mm	32 mm	nevyhovuje
FQ09	8 mm	68 mm	29 mm	nevyhovuje
FQ10	11 mm	74 mm	18 mm	nevyhovuje
FQ11	7 mm	50 mm	29 mm	nevyhovuje

FQ12	8 mm	47 mm	22 mm	nevyhovuje
FQ14	14 mm	77 mm	16 mm	nevyhovuje
FQ15	7 mm	39 mm	25 mm	nevyhovuje
FQ18	6 mm	44 mm	25 mm	nevyhovuje
FQ19	14 mm	74 mm	24 mm	nevyhovuje
FQ21	6 mm	44 mm	26 mm	nevyhovuje
FQ22	16 mm	50 mm	24 mm	nevyhovuje
FQ23	10 mm	48 mm	21 mm	nevyhovuje
FQ24	6 mm	48 mm	27 mm	nevyhovuje
FQ25	11 mm	69 mm	31 mm	nevyhovuje
FQ26	22 mm	87 mm	32 mm	nevyhovuje
FQ27	5 mm	34 mm	24 mm	nevyhovuje
FQ28	14 mm	79 mm	27 mm	nevyhovuje
FQ29	9 mm	50 mm	18 mm	nevyhovuje
FQ30	6 mm	36 mm	25 mm	nevyhovuje



Quickscan Statistics:	
Minimum Coverage:	16 mm
Maximum Coverage:	87 mm
Mean Coverage:	52 mm
Standard Deviation:	21 mm
Cut-Off:	100 mm
#Bars at Cut-Off::	14
T1:	45 mm
#Bars at T1:	4
T2:	100 mm
#Bars at T2:	14
T3:	100 mm
#Bars at T3:	14

Customer:	
Location:	
Operator:	
Comment:	Pole 2. 2. nosník u RCT6, 4 m od OP3; Podélný pojezd



Quickscan Statistics:	
Minimum Coverage:	5 mm
Maximum Coverage:	51 mm
Mean Coverage:	27 mm
Standard Deviation:	12 mm
Cut-Off:	100 mm
#Bars at Cut-Off::	16
T1:	45 mm
#Bars at T1:	15
T2:	100 mm
#Bars at T2:	16
T3:	100 mm
#Bars at T3:	16

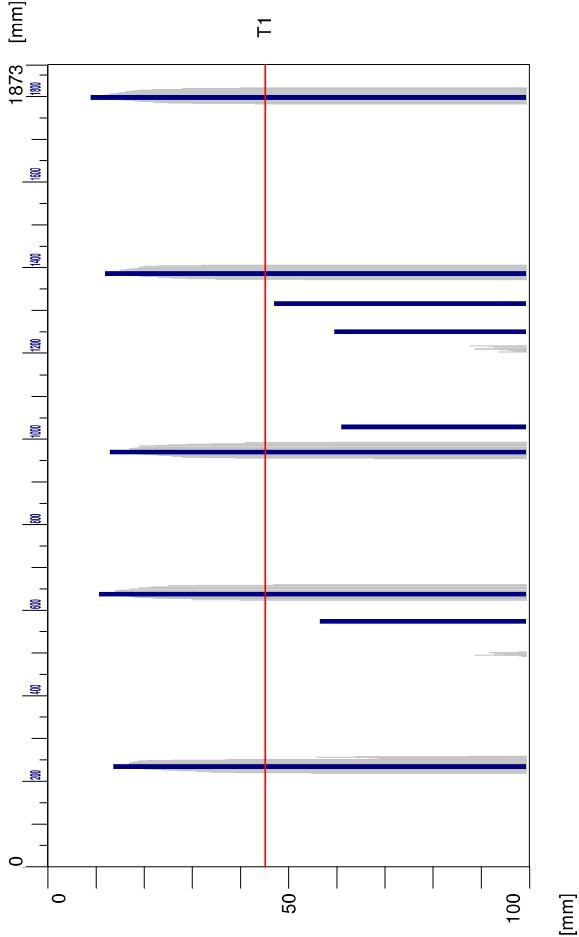
Customer:	
Location:	
Operator:	
Comment:	Pole 2. 1. + 2. + 3. nosník; Příčný pojezd

Quickscan: FQ03.XFF

Date / Time: 2022-08-09 10:40:13

Bar: 10mm

SSN: 07118001



Quickscan Statistics:

Minimum Coverage:	9 mm	T1:	45 mm
Maximum Coverage:	61 mm	#Bars at T1:	5
Mean Coverage:	31 mm	T2:	100 mm
Standard Deviation:	24 mm	#Bars at T2:	9
Cut-Off:	100 mm	T3:	100 mm
#Bars at Cut-Off::	9	#Bars at T3:	9

Customer:

Location:

Operator:

Comment:

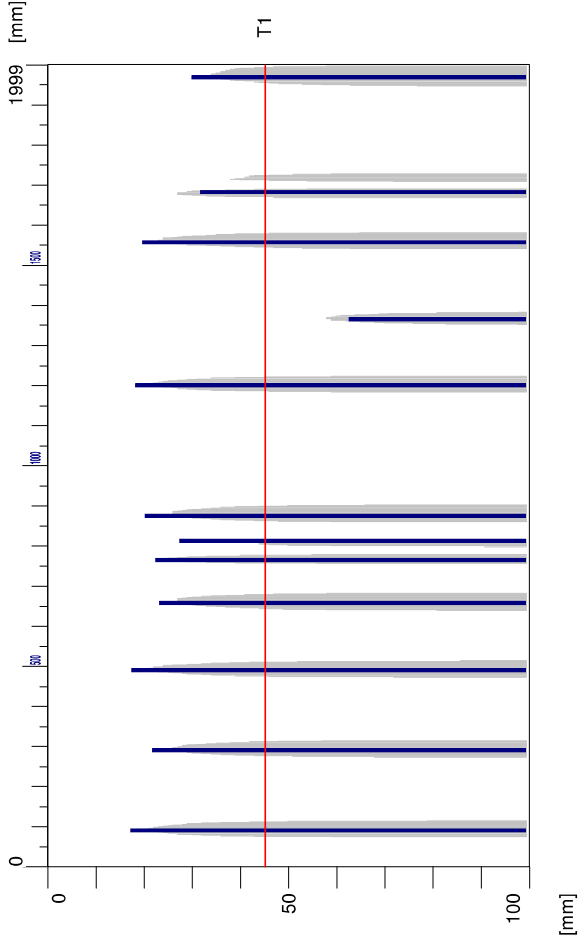
Pole 2. levý bok, L/2; Podélný pojezd

Quickscan: FQ04.XFF

Date / Time: 2022-08-09 10:43:20

Bar: 10mm

SSN: 07118001



Quickscan Statistics:

Minimum Coverage:	17 mm	T1:	45 mm
Maximum Coverage:	63 mm	#Bars at T1:	11
Mean Coverage:	26 mm	T2:	100 mm
Standard Deviation:	13 mm	#Bars at T2:	12
Cut-Off:	100 mm	T3:	100 mm
#Bars at Cut-Off::	12	#Bars at T3:	12

Customer:

Location:

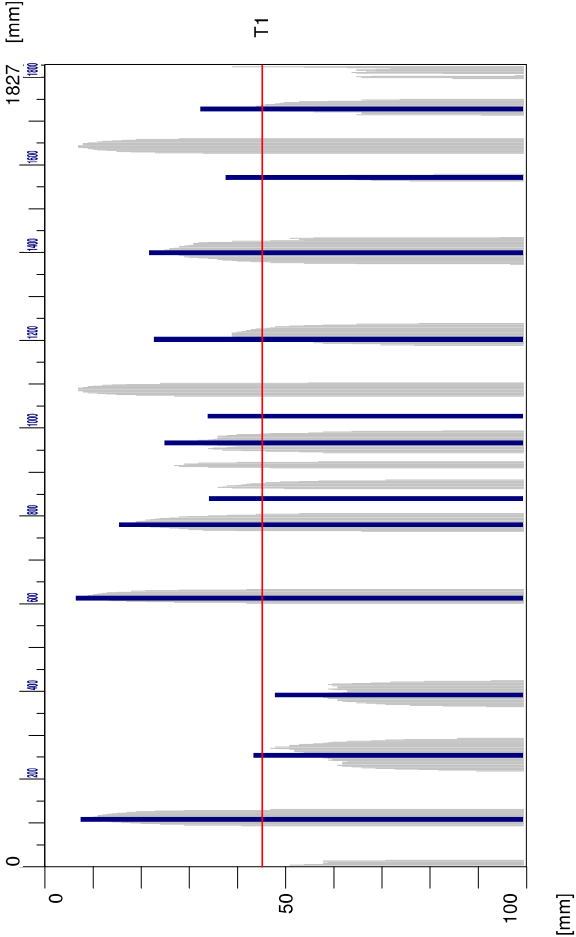
Operator:

Comment:

Pole 2. 3. nosník, 4 m od PIL2; Podélný pojezd

Quickscan: FQ06.XFF

Date / Time: 2022-08-09 10:45:47 Bar: 10mm SSN: 07118001



Quickscan Statistics:

Minimum Coverage: 7 mm
Maximum Coverage: 48 mm
Mean Coverage: 27 mm
Standard Deviation: 13 mm
Cut-Off: 100 mm
#Bars at Cut-Off:: 12

T1: 45 mm
#Bars at T1: 11
T2: 100 mm
#Bars at T2: 12
T3: 100 mm
#Bars at T3: 12

Customer:

Location:

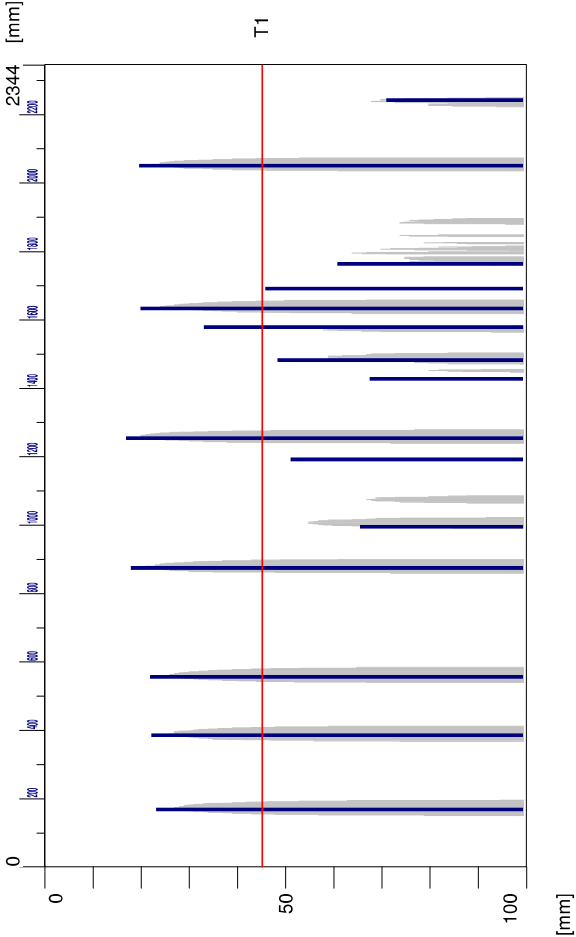
Operator:

Comment:

3. + 4. nosník, 2 m od PIL2; Příčný pojezd

Quickscan: FQ05.XFF

Date / Time: 2022-08-09 10:45:00 Bar: 10mm SSN: 07118001



Quickscan Statistics:

Minimum Coverage: 17 mm
Maximum Coverage: 71 mm
Mean Coverage: 39 mm
Standard Deviation: 21 mm
Cut-Off: 100 mm
#Bars at Cut-Off:: 15

T1: 45 mm
#Bars at T1: 8
T2: 100 mm
#Bars at T2: 15
T3: 100 mm
#Bars at T3: 15

Customer:

Location:

Operator:

Comment:

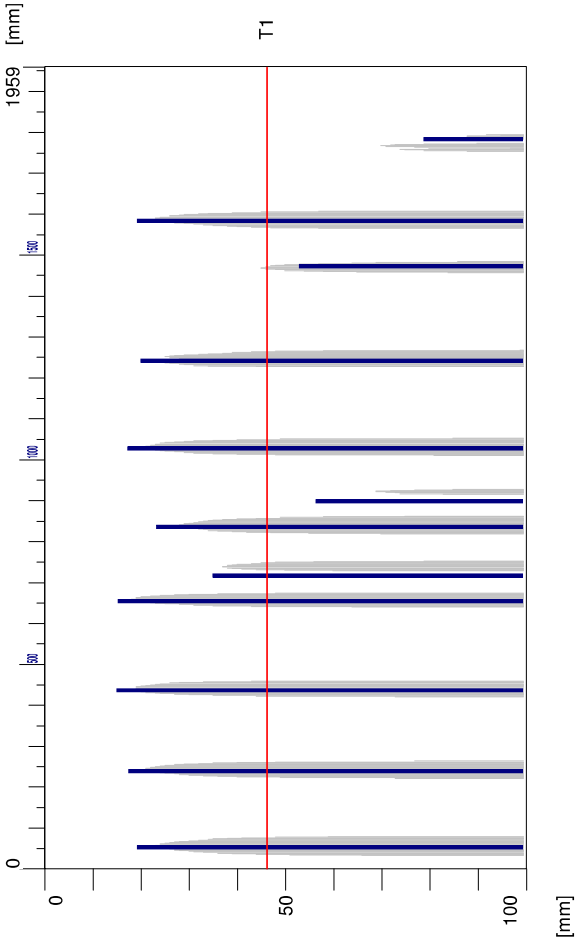
Pole 2. 4. nosník, 2 m od PIL2; Podélný pojezd

Quickscan: FQ07.XFF

Date / Time: 2022-08-09 10:49:17

Bar: 10mm

SSN: 07118001



Quickscan Statistics:

Minimum Coverage: 15 mm
Maximum Coverage: 79 mm
Mean Coverage: 30 mm
Standard Deviation: 21 mm
Cut-Off: 100 mm
#Bars at Cut-Off:: 12

T1: 46 mm
#Bars at T1: 9
T2: 100 mm
#Bars at T2: 12
T3: 100 mm
#Bars at T3: 12

Customer:

Location:

Operator:

Comment:

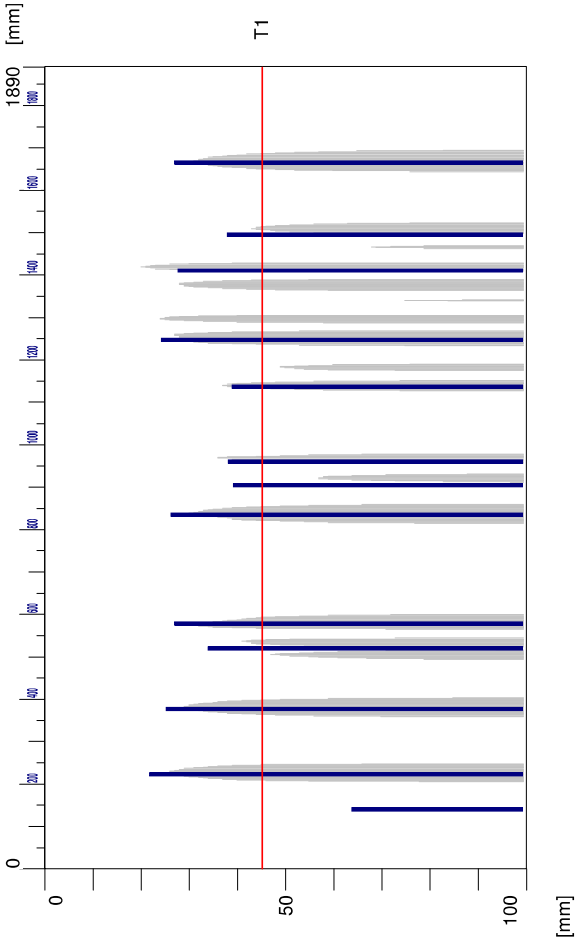
Pole 2. 6. nosník, 2 m od PIL2; Podélný pojezd

Quickscan: FQ08.XFF

Date / Time: 2022-08-09 10:49:48

Bar: 10mm

SSN: 07118001



Quickscan Statistics:

Minimum Coverage: 22 mm
Maximum Coverage: 64 mm
Mean Coverage: 33 mm
Standard Deviation: 11 mm
Cut-Off: 100 mm
#Bars at Cut-Off:: 13

T1: 45 mm
#Bars at T1: 12
T2: 100 mm
#Bars at T2: 13
T3: 100 mm
#Bars at T3: 13

Customer:

Location:

Operator:

Comment:

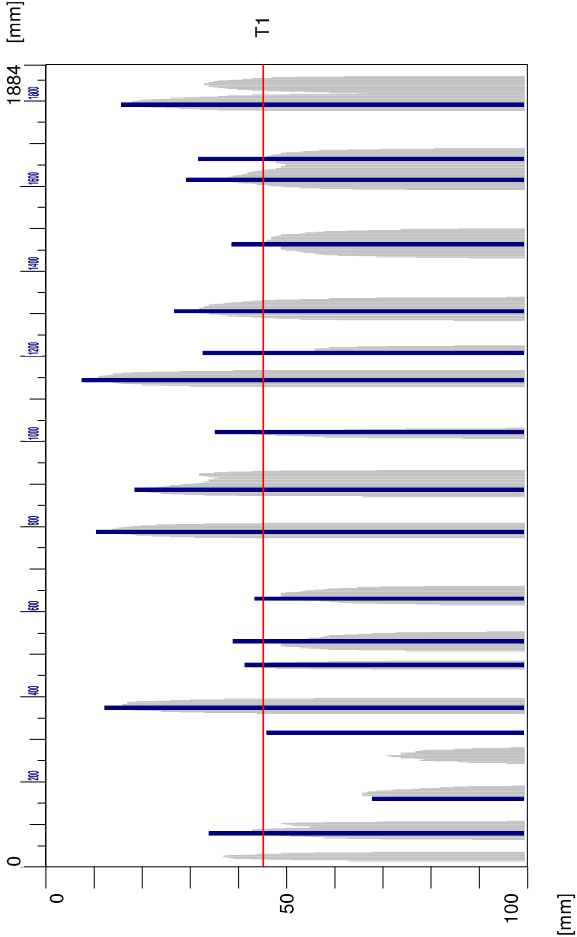
Pole 2. 7. nosník, 2 m od PIL2; Podélný pojezd

Quickscan: FQ09.XFF

Date / Time: 2022-08-09 10:50:41

Bar: 10mm

SSN: 07118001



Quickscan Statistics:

Minimum Coverage: 8 mm
Maximum Coverage: 68 mm
Mean Coverage: 31 mm
Standard Deviation: 15 mm
Cut-Off: 100 mm
#Bars at Cut-Off:: 17
T1: 45 mm
#Bars at T1: 15
T2: 100 mm
#Bars at T2: 17
T3: 100 mm
#Bars at T3: 17

Customer:

Location:

Operator:

Comment:

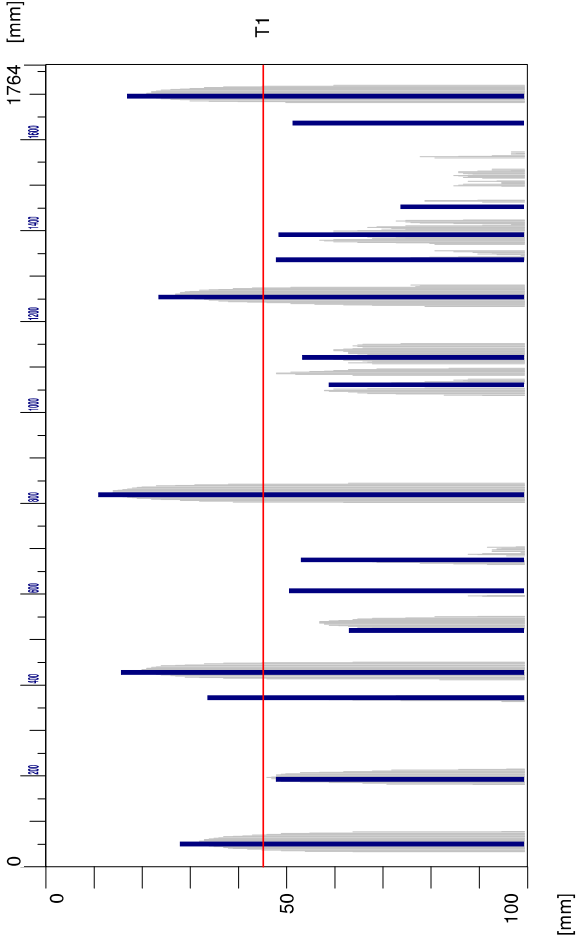
Pole 2, 4. + 5. nosník, 2 m od PLL2; Příčný pojezd

Quickscan: FQ10.XFF

Date / Time: 2022-08-09 11:01:10

Bar: 10mm

SSN: 07118001



Quickscan Statistics:

Minimum Coverage: 11 mm
Maximum Coverage: 74 mm
Mean Coverage: 42 mm
Standard Deviation: 19 mm
Cut-Off: 100 mm
#Bars at Cut-Off:: 16
T1: 45 mm
#Bars at T1: 6
T2: 100 mm
#Bars at T2: 16
T3: 100 mm
#Bars at T3: 16

Customer:

Location:

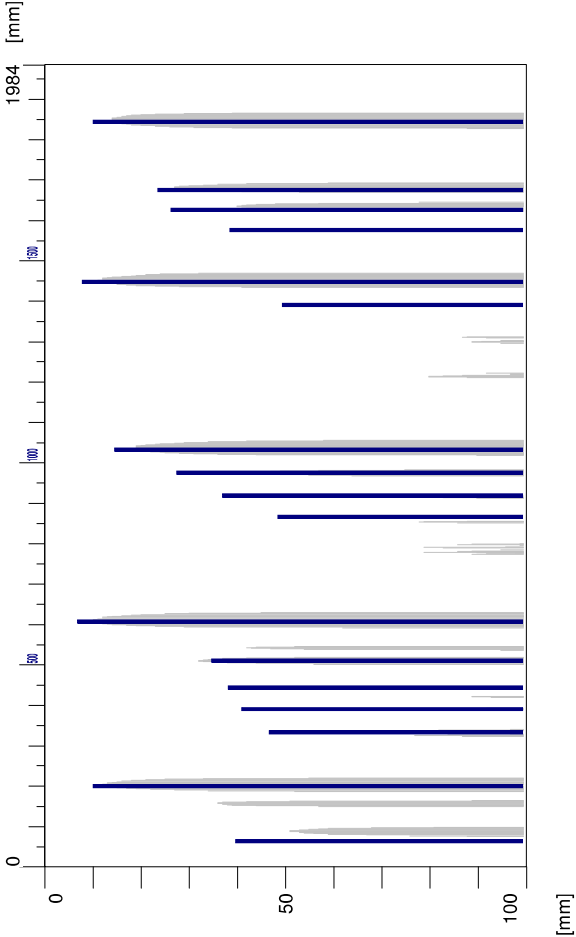
Operator:

Comment:

Pole 2, 5 m od OP3, 7. nosník; Podélný pojezd

Quickscan: FQ11.XFF

Date / Time: 2022-08-09 11:02:23 Bar: 10mm SSN: 07118001



Quickscan Statistics:

Minimum Coverage: 7 mm
Maximum Coverage: 50 mm
Mean Coverage: 29 mm
Standard Deviation: 15 mm
Cut-Off: 100 mm
#Bars at Cut-Off:: 17
T1: 100 mm
#Bars at T1: 17
T2: 100 mm
#Bars at T2: 17
T3: 100 mm
#Bars at T3: 17

Customer:

Location:

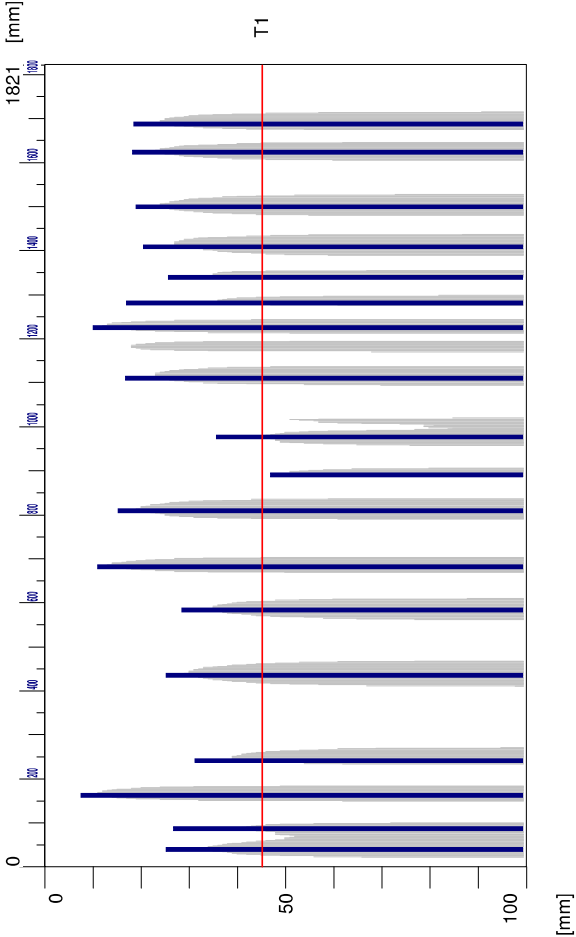
Operator:

Comment:

Pole 2. 5 m od OP3. 8. nosník; Podélný pojezd

Quickscan: FQ12.XFF

Date / Time: 2022-08-09 11:03:26 Bar: 10mm SSN: 07118001



Quickscan Statistics:

Minimum Coverage: 8 mm
Maximum Coverage: 47 mm
Mean Coverage: 22 mm
Standard Deviation: 10 mm
Cut-Off: 100 mm
#Bars at Cut-Off:: 18
T1: 45 mm
#Bars at T1: 17
T2: 100 mm
#Bars at T2: 18
T3: 100 mm
#Bars at T3: 18

Customer:

Location:

Operator:

Comment:

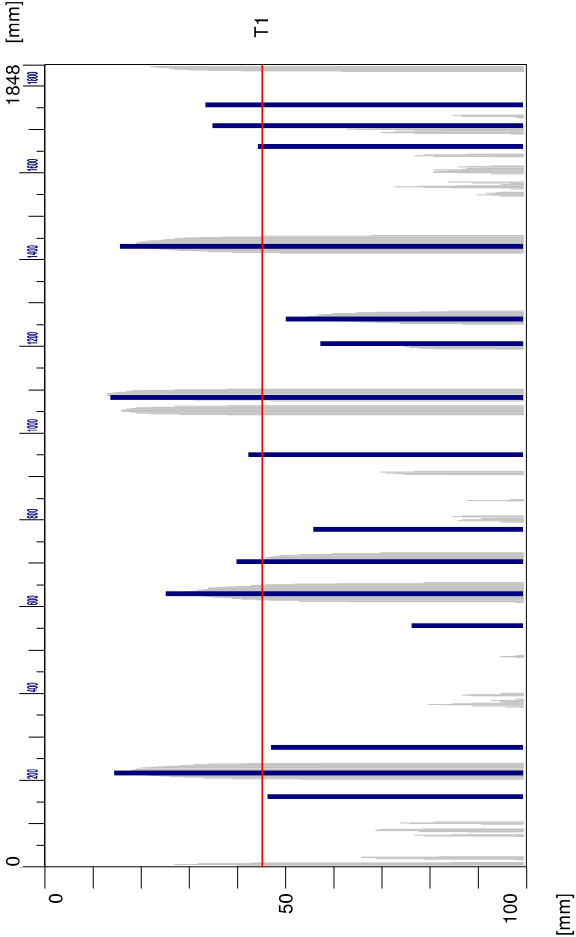
Pole 2. 5 m od OP3. 3. + 4. nosník zprava; Příčný pojezd

Quickscan: FQ14.XFF

Date / Time: 2022-08-09 11:06:18

Bar: 10mm

SSN: 07118001



Quickscan Statistics:

Minimum Coverage: 14 mm
Maximum Coverage: 77 mm
Mean Coverage: 40 mm
Standard Deviation: 18 mm
Cut-Off: 100 mm
#Bars at Cut-Off:: 15
T1: 45 mm
#Bars at T1: 9
T2: 100 mm
#Bars at T2: 15
T3: 100 mm
#Bars at T3: 15

Customer:

Location:

Operator:

Comment:

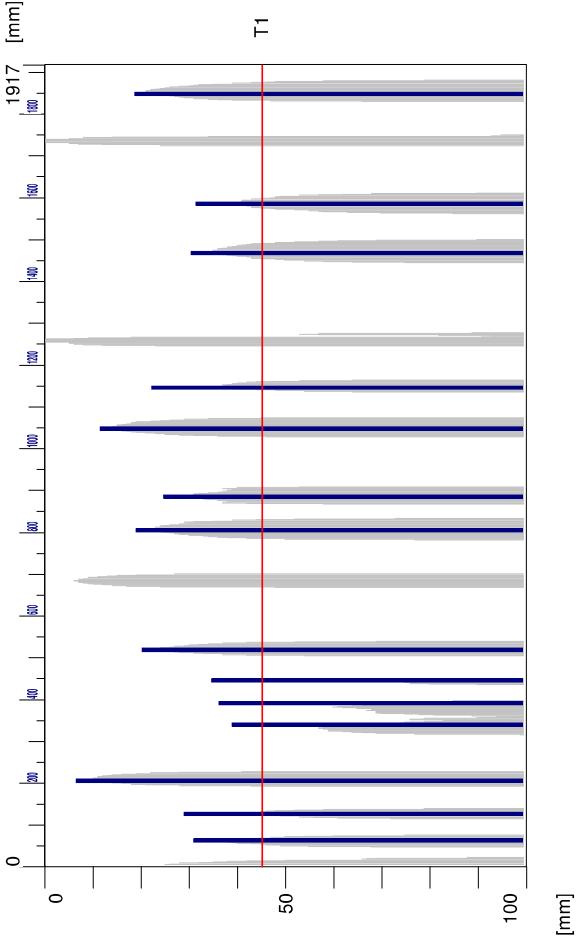
Pole 2, 10. nosník, L/2; Podélný pojezd

Quickscan: FQ15.XFF

Date / Time: 2022-08-09 11:07:03

Bar: 10mm

SSN: 07118001



Quickscan Statistics:

Minimum Coverage: 7 mm
Maximum Coverage: 39 mm
Mean Coverage: 25 mm
Standard Deviation: 9 mm
Cut-Off: 100 mm
#Bars at Cut-Off:: 14
T1: 45 mm
#Bars at T1: 14
T2: 100 mm
#Bars at T2: 14
T3: 100 mm
#Bars at T3: 14

Customer:

Location:

Operator:

Comment:

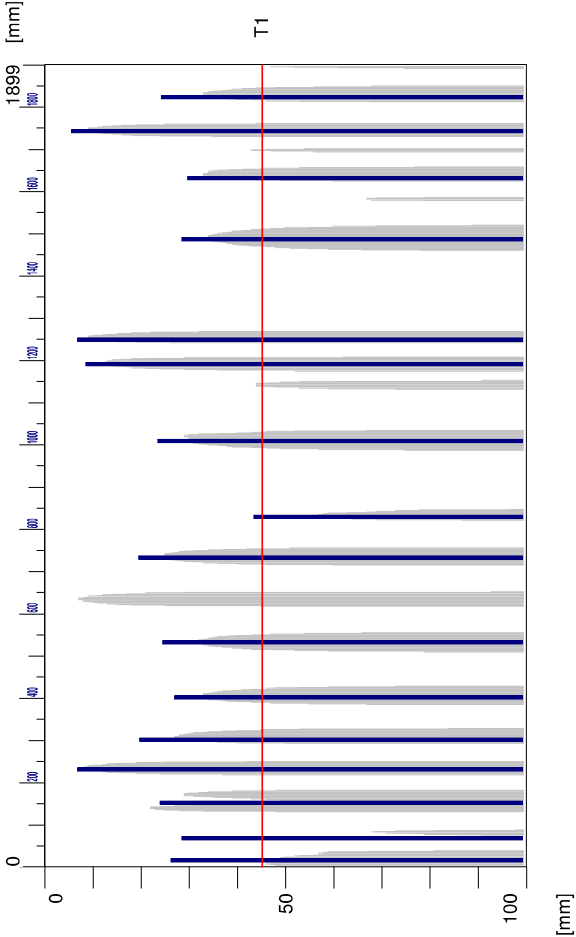
Pole 2, 10. + 9. nosník, L/2; Příčný pojezd

Quickscan: FQ18.XFF

Date / Time: 2022-08-09 11:11:36

Bar: 10mm

SSN: 07118001



Quickscan Statistics:

Minimum Coverage: 6 mm
Maximum Coverage: 44 mm
Mean Coverage: 21 mm
Standard Deviation: 10 mm
Cut-Off: 100 mm
#Bars at Cut-Off:: 16

T1: 45 mm
#Bars at T1: 16
T2: 100 mm
#Bars at T2: 16
T3: 100 mm
#Bars at T3: 16

Customer:

Location:

Operator:

Comment:

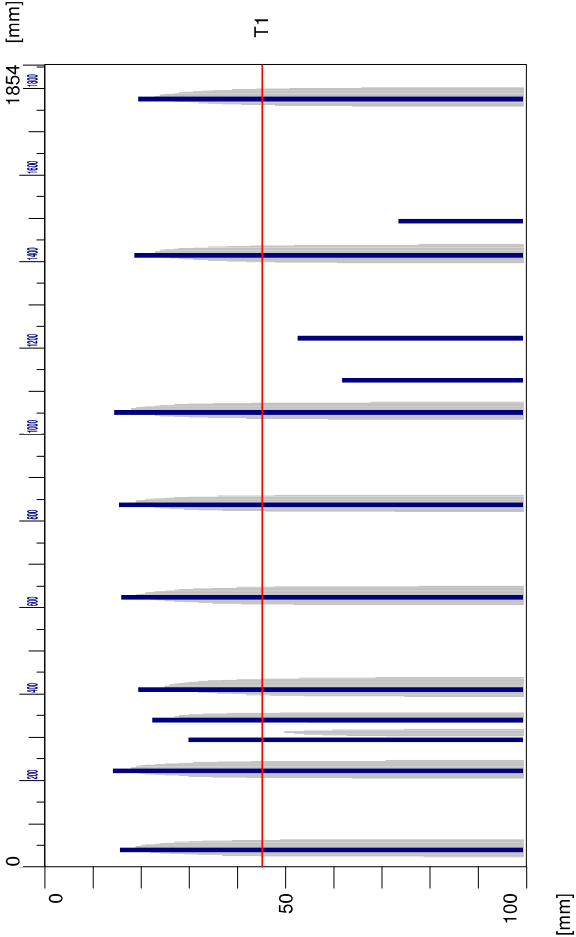
Pole 1, 10. + 9. nosník, L/2; Příčný pojezd

Quickscan: FQ19.XFF

Date / Time: 2022-08-09 11:13:36

Bar: 10mm

SSN: 07118001



Quickscan Statistics:

Minimum Coverage: 14 mm
Maximum Coverage: 74 mm
Mean Coverage: 29 mm
Standard Deviation: 20 mm
Cut-Off: 100 mm
#Bars at Cut-Off:: 13

T1: 45 mm
#Bars at T1: 10
T2: 100 mm
#Bars at T2: 13
T3: 100 mm
#Bars at T3: 13

Customer:

Location:

Operator:

Comment:

Pole 1, 7. nosník zprava 3 m od PIL2; Podélný pojezd

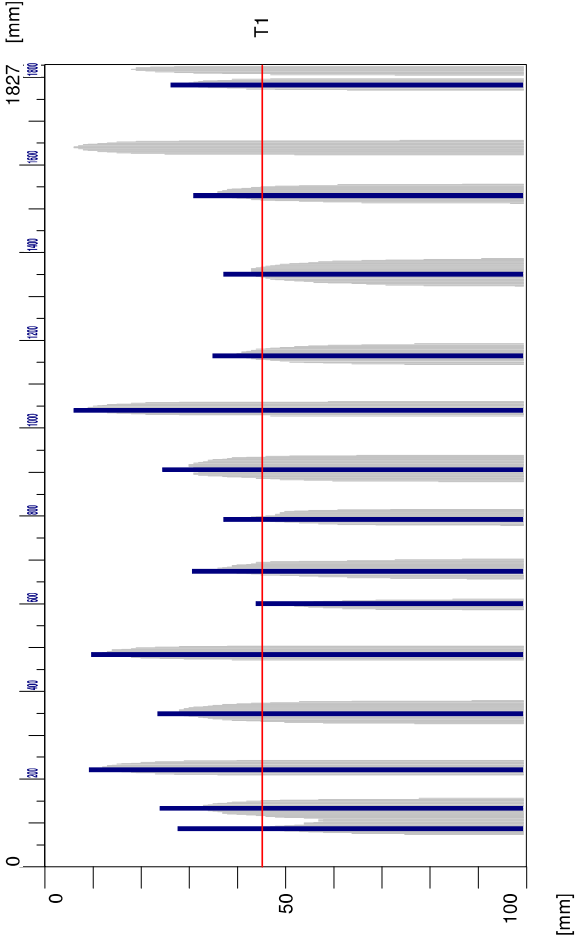
Quickscan:

FQ21.XFF

Date / Time: 2022-08-09 11:15:34

Bar: 10mm

SSN: 07118001



Quickscan Statistics:

Minimum Coverage: 6 mm
Maximum Coverage: 44 mm
Mean Coverage: 26 mm
Standard Deviation: 11 mm
Cut-Off: 100 mm
#Bars at Cut-Off:: 14
T1: 45 mm
#Bars at T1: 14
T2: 100 mm
#Bars at T2: 14
T3: 100 mm
#Bars at T3: 14

Customer:

Location:

Operator:

Comment:

Pole 1, 7. + 8. nosník zprava 1 m od PIL2; Příčný pojazd

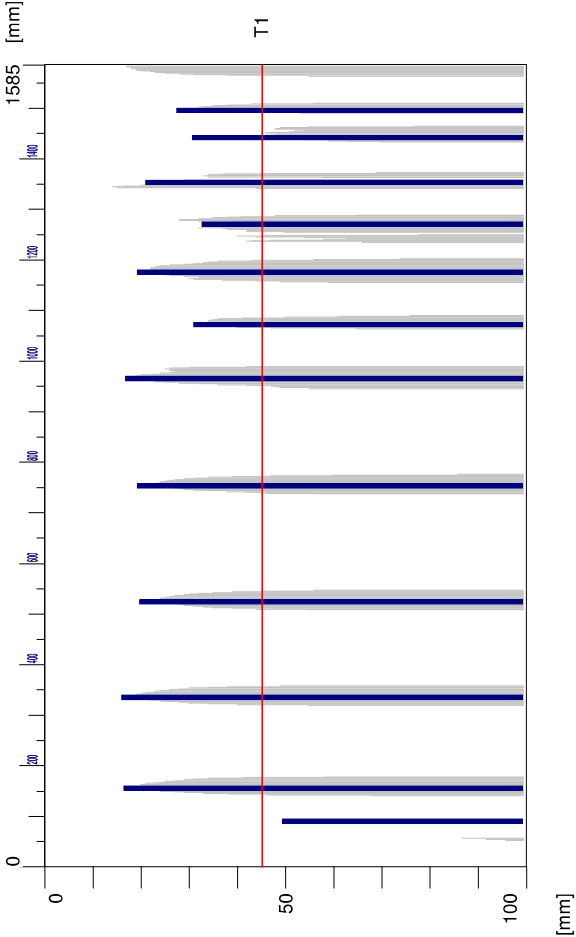
Quickscan:

FQ22.XFF

Date / Time: 2022-08-09 11:20:04

Bar: 10mm

SSN: 07118001



Quickscan Statistics:

Minimum Coverage: 16 mm
Maximum Coverage: 50 mm
Mean Coverage: 25 mm
Standard Deviation: 10 mm
Cut-Off: 100 mm
#Bars at Cut-Off:: 12
T1: 45 mm
#Bars at T1: 11
T2: 100 mm
#Bars at T2: 12
T3: 100 mm
#Bars at T3: 12

Customer:

Location:

Operator:

Comment:

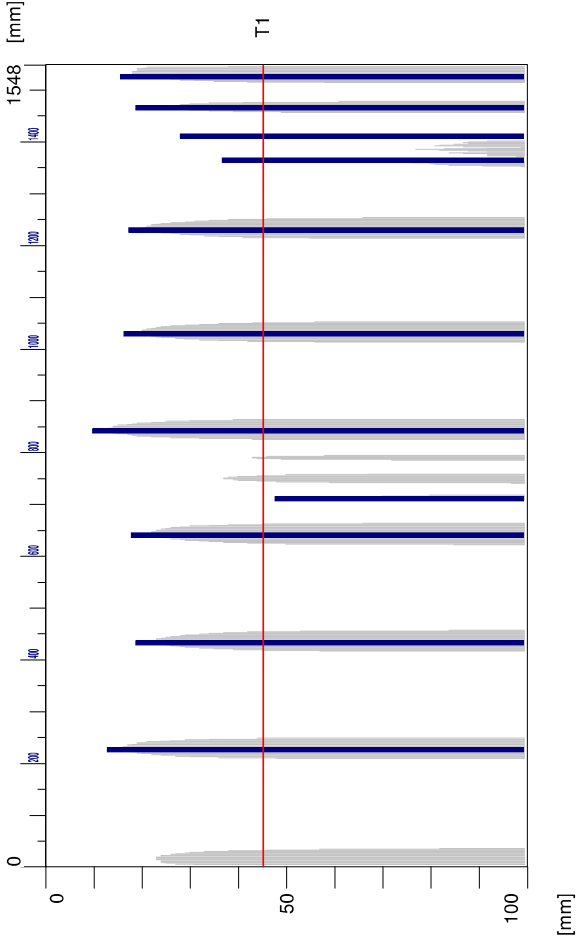
Pole 1, 3. nosník, 1 m od PIL2; Podélný pojazd

Quickscan: FQ23.XFF

Date / Time: 2022-08-09 11:21:33

Bar: 10mm

SSN: 07118001



Quickscan Statistics:

Minimum Coverage: 10 mm
Maximum Coverage: 48 mm
Mean Coverage: 21 mm
Standard Deviation: 11 mm
Cut-Off: 100 mm
#Bars at Cut-Off:: 11
T1: 45 mm
#Bars at T1: 10
T2: 100 mm
#Bars at T2: 11
T3: 100 mm
#Bars at T3: 11

Customer:

Location:

Operator:

Comment:

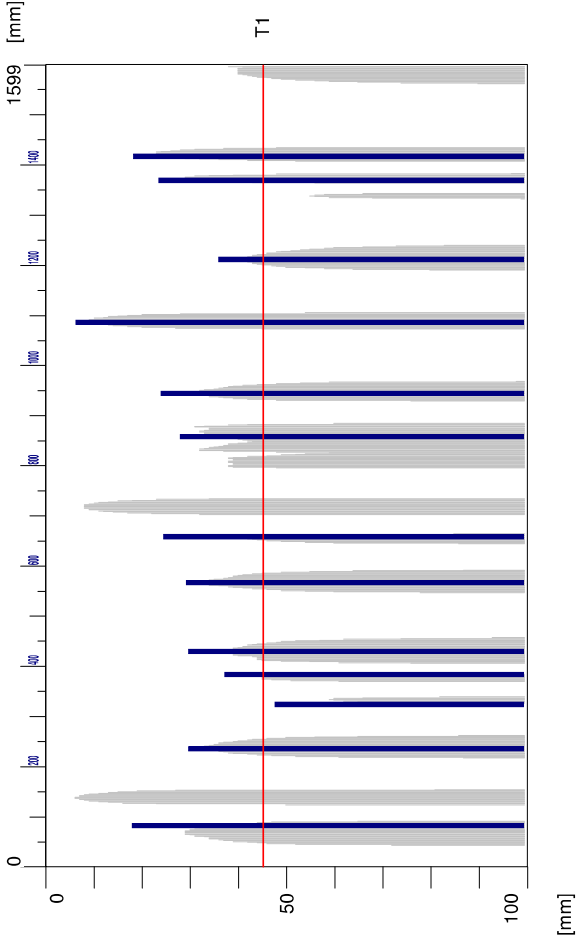
Pole 1, 2. nosník, 1 m od PIL2; Podélný pojezd

Quickscan: FQ24.XFF

Date / Time: 2022-08-09 11:22:18

Bar: 10mm

SSN: 07118001



Quickscan Statistics:

Minimum Coverage: 6 mm
Maximum Coverage: 48 mm
Mean Coverage: 27 mm
Standard Deviation: 10 mm
Cut-Off: 100 mm
#Bars at Cut-Off:: 13
T1: 45 mm
#Bars at T1: 12
T2: 100 mm
#Bars at T2: 13
T3: 100 mm
#Bars at T3: 13

Customer:

Location:

Operator:

Comment:

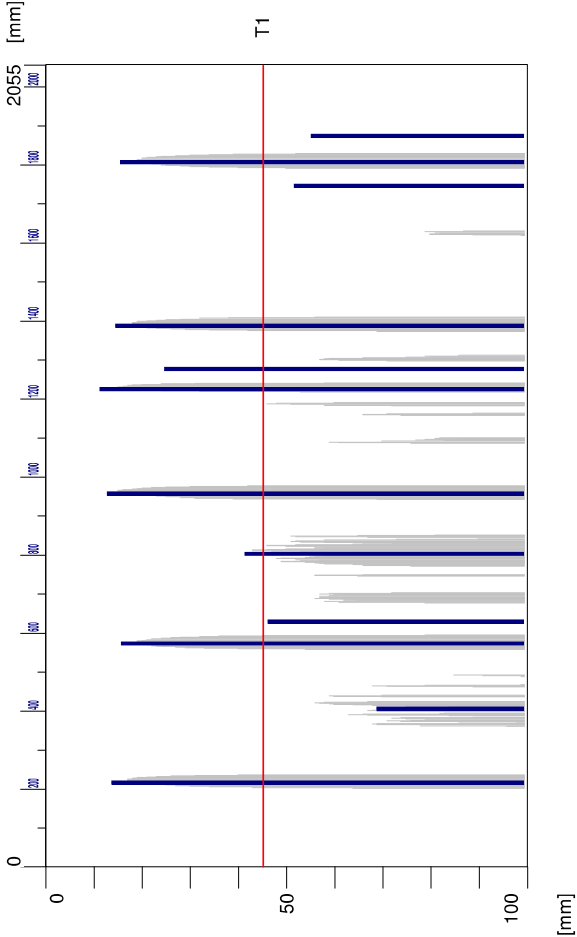
Pole 1, 2. + 3. nosník, 1 m od PIL2; Příčný pojezd

Quickscan: FQ25.XFF

Date / Time: 2022-08-09 11:24:53

Bar: 10mm

SSN: 07118001



Quickscan Statistics:

Minimum Coverage: 11 mm
Maximum Coverage: 69 mm
Mean Coverage: 31 mm
Standard Deviation: 20 mm
Cut-Off: 100 mm
#Bars at Cut-Off:: 12

T1: 45 mm
#Bars at T1: 8
T2: 100 mm
#Bars at T2: 12
T3: 100 mm
#Bars at T3: 12

Customer:

Location:

Operator:

Comment:

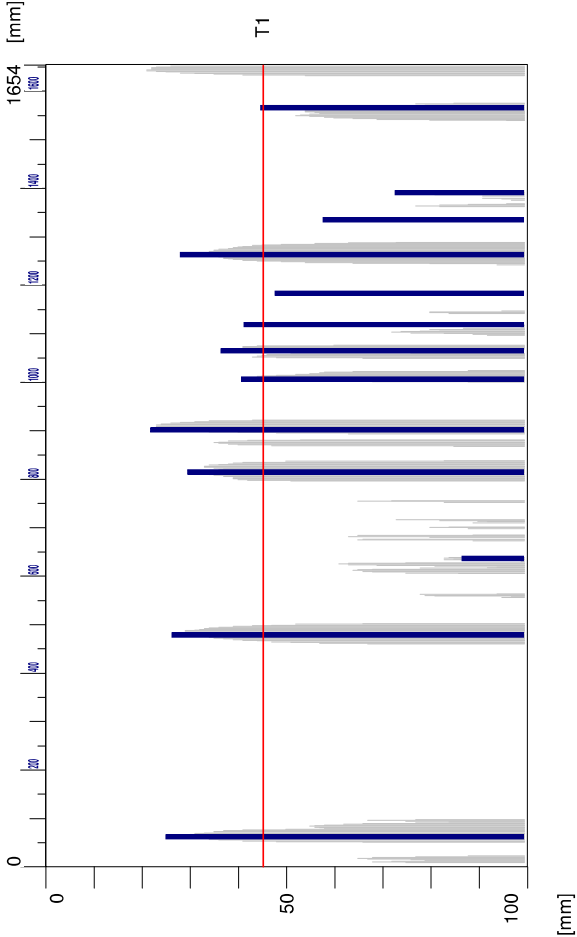
Pole 1, 3. nosník, L/2; Podélný pojezd

Quickscan: FQ26.XFF

Date / Time: 2022-08-09 11:26:09

Bar: 10mm

SSN: 07118001



Quickscan Statistics:

Minimum Coverage: 22 mm
Maximum Coverage: 87 mm
Mean Coverage: 43 mm
Standard Deviation: 20 mm
Cut-Off: 100 mm
#Bars at Cut-Off:: 13

T1: 45 mm
#Bars at T1: 9
T2: 100 mm
#Bars at T2: 13
T3: 100 mm
#Bars at T3: 13

Customer:

Location:

Operator:

Comment:

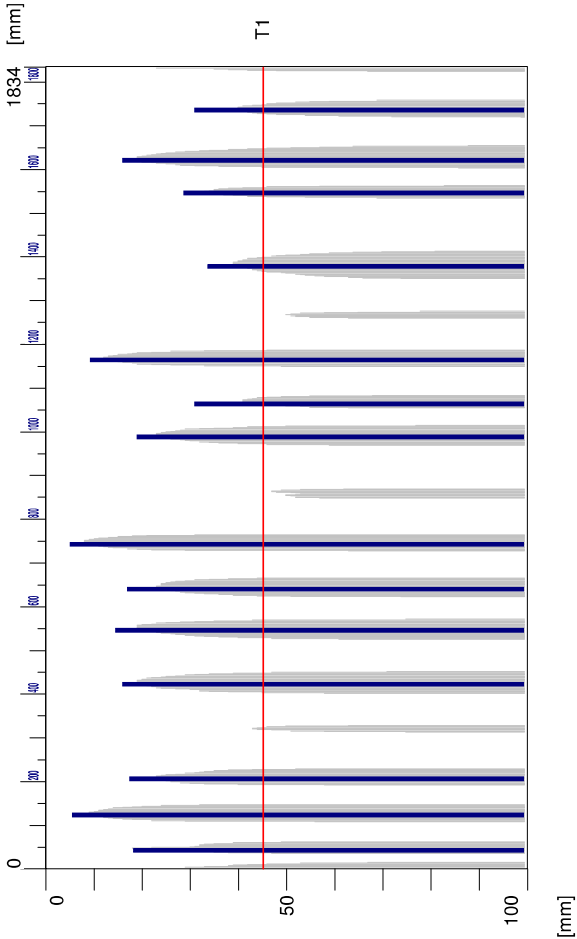
Pole 1, 4. nosník, L/2; Podélný pojezd

Quickscan: FQ27.XFF

Date / Time: 2022-08-09 11:26:47

Bar: 10mm

SSN: 07118001



Quickscan Statistics:

Minimum Coverage: 5 mm
Maximum Coverage: 34 mm
Mean Coverage: 18 mm
Standard Deviation: 9 mm
Cut-Off: 100 mm
#Bars at Cut-Off:: 14
T1: 45 mm
#Bars at T1: 14
T2: 100 mm
#Bars at T2: 14
T3: 100 mm
#Bars at T3: 14

Customer:

Location:

Operator:

Comment:

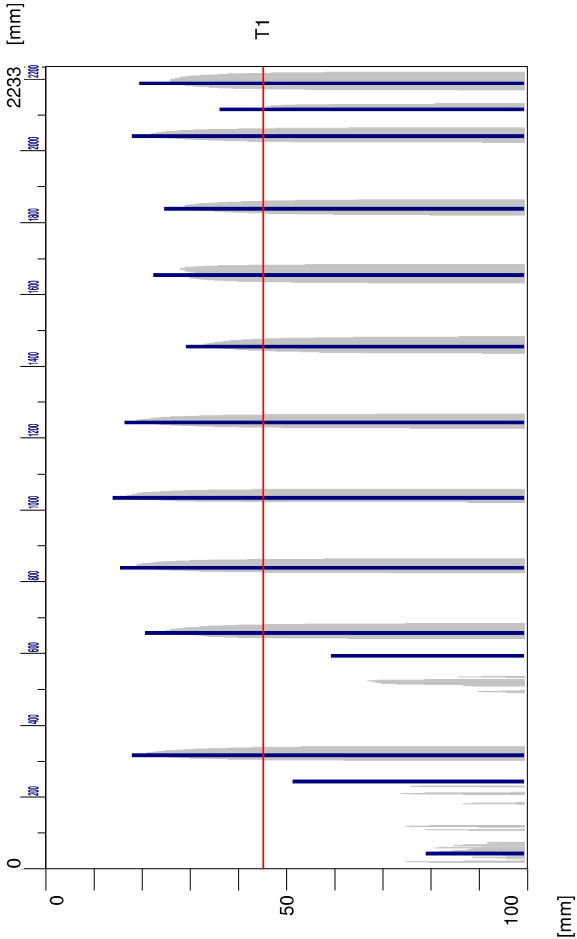
Pole 1. 3. + 4. nosník, L/2; Příčný pojazd

Quickscan: FQ28.XFF

Date / Time: 2022-08-09 11:29:21

Bar: 10mm

SSN: 07118001



Quickscan Statistics:

Minimum Coverage: 14 mm
Maximum Coverage: 79 mm
Mean Coverage: 30 mm
Standard Deviation: 20 mm
Cut-Off: 100 mm
#Bars at Cut-Off:: 14
T1: 45 mm
#Bars at T1: 11
T2: 100 mm
#Bars at T2: 14
T3: 100 mm
#Bars at T3: 14

Customer:

Location:

Operator:

Comment:

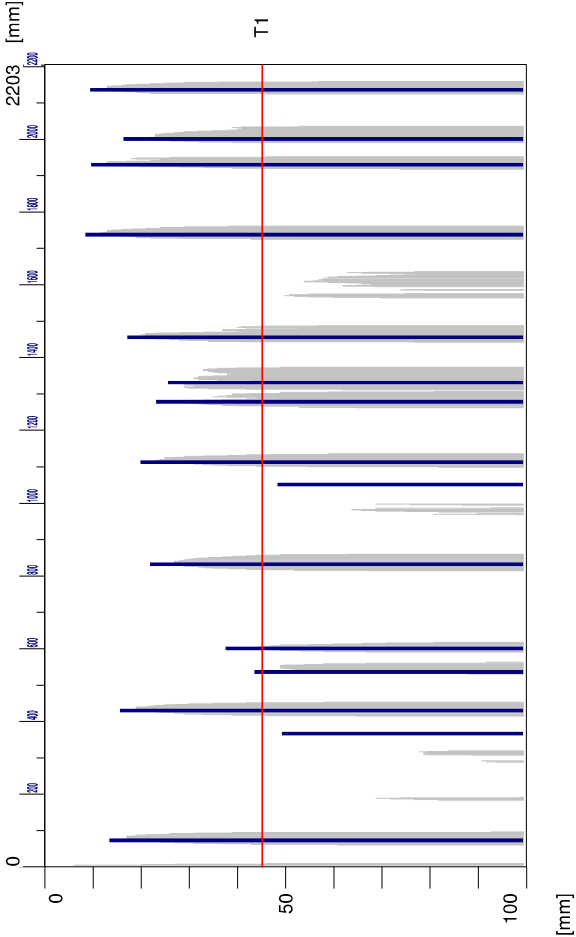
Pole 1. 5. nosník zleva, 1 m od OP1; Podélný pojazd

Quickscan: FQ29.XFF

Date / Time: 2022-08-09 11:30:36

Bar: 10mm

SSN: 07118001



Quickscan Statistics:

Minimum Coverage: 9 mm
Maximum Coverage: 50 mm
Mean Coverage: 24 mm
Standard Deviation: 14 mm
Cut-Off: 100 mm
#Bars at Cut-Off:: 15

T1: 45 mm
#Bars at T1: 13
T2: 100 mm
#Bars at T2: 15
T3: 100 mm
#Bars at T3: 15

Customer:

Location:

Operator:

Comment:

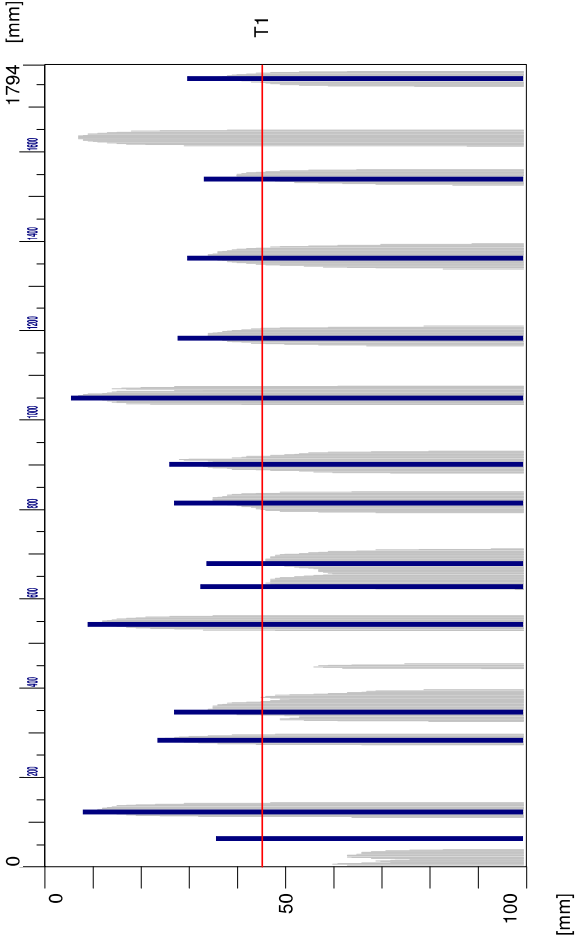
Pole 1. 6. nosník zleva, 1 m od OP1; Podélný pojezd

Quickscan: FQ30.XFF

Date / Time: 2022-08-09 11:31:23

Bar: 10mm

SSN: 07118001



Quickscan Statistics:

Minimum Coverage: 6 mm
Maximum Coverage: 36 mm
Mean Coverage: 25 mm
Standard Deviation: 10 mm
Cut-Off: 100 mm
#Bars at Cut-Off:: 14

T1: 45 mm
#Bars at T1: 14
T2: 100 mm
#Bars at T2: 14
T3: 100 mm
#Bars at T3: 14

Customer:

Location:

Operator:

Comment:

Pole 1. 5+6 nosník zleva; Příčný pojezd

ZHODNOCENÍ TLOUŠŤKY KRYCÍ VRSTVY A POLOHY BETONÁŘSKÉ VÝZTUŽE

Tloušťka zjištěná v jednotlivých měření je převážně rovnoměrná. Rozložení výztuže je spíše pravidelné.

Tloušťka krycí vrstvy z archivní dokumentace je nižší, než průměrné zjištěné tloušťky.

Zjištěná tloušťka krycí vrstvy (minimum ze vzdálenosti k podélným prutům a příčným prutům) je nejčastěji od 12 do 24 mm.

Část konstrukce	krytí	uložení kolmé výztuže *	porovnání s kritériem
Nosníky:	18-27 mm	24-29 mm	nevyhovuje 100 % zkušebních míst

* - krytí je uvedeno pro výztuž blíže povrchu, „uložení kolmé výztuže“ označuje výztuž kolmou na výztuž, která je blíže povrchu. U nosníků je v souladu s dokumentací blíže povrchu příčná výztuž (třmínky, které jsou vidět na podélných pojezdech).

Celkově hodnotíme tloušťky krycích vrstev následovně: Nosná konstrukce má zcela nedostatečné krytí (průměrně 23 mm).

3.5 OVĚŘENÍ STAVU PŘEDPÍNACÍ VÝZTUŽE

Bourané sondy byly provedeny tak, že ve zkušebních místech byly k odhaleny chráničky, ty se poté otevřely a zhodnotil se stavu drátů, malty a chráničky. Sondy byly prováděny především v místech poruch (zatékání, výluhy, popřípadě bílé mapy).

Hodnocení stavu předpínací výztuže bylo provedeno podle článku [3], viz příložený výtah článku na následující straně:

Vyhodnocení stavu předpínací výztuže dle článku sborníku ISBN 978-80-907611-2-4 z 26. Betonářských dnů (2019) [1-24] zpracovaného pracovníky Kloknerova ústavu ČVUT v Praze. Stav předpínací výztuže je klasifikován do 6 stupňů hodnotící škály korozního napadení:

Tab. - Příklady jednotlivých stupňů poškození předpínací výztuže

Stupeň koroze	Ilustrativní fotografie korozního stupně	Popis
1		Výztuž bez jakékoli známky koroze.
2		Výztuž se začínající lokalizovanou povrchovou korozí. Lze zaznamenat původní nekorodující povrch. Nemá vliv na změnu průřezu.
3		Plošně rozvinutá povrchová koroze výztuže bez odlupujících se korozních zplodin. Vliv na zmenšení plochy výztuže a mechanické parametry není významný.
4		Plošně rozvinutá povrchová koroze výztuže případně v lokální oblasti. Korozní zplodiny se odlupují. Není však patrná zjevná změna tvaru průřezu a zmenšení plochy průřezu. Změna plochy je v úrovni procent. Tento typ koroze je hraniční z hlediska míry negativního vlivu na vlastnosti výztuže a hodnocení stavu jako havarijní.
5		Plošně rozvinutá povrchová koroze výztuže. Masivní odlupování zkorozních zplodin. Na povrchu drátů se tvoří rovnoměrná důlková struktura typu "pomerančová kůra". Místy zjevná změna a zmenšení tvaru a průřezu drátu. Úbytek plochy je výrazný a dosahuje již řádu několika desítek % původní plochy.
6		Masivní odlupování zkorozních zplodin. Výrazná a zjevná změna tvaru drátů. Některé mohou být i porušené nebo překorodované. Výrazné zmenšení plochy výztuže, úbytek plochy na úrovni 50 % i více z původní plochy.

Po ověření stavu předpínací výztuže byly sondy k výztuži zapraveny sanační hmotou Mapefer.

Zk. m.:	Popis místa	s. [3]
PV1	pole 1, levý krajní nosník, 8 cm od kraje, v L/2, kab.* 3	6
PV2	pole 1, pravý krajní nosník, 35 cm od kraje, v L/2, kab. 3	1
PV3	pole 1, pravý krajní nosník, 40 cm od kraje, v L/2, kab. 4	2
PV4	pole 1, pravý krajní nosník, 43 cm od kraje, v L/2, kab. 5	1
PV5	pole 1, pravý krajní nosník, 46 cm od kraje, v L/2, kab. 6	2
PV6	pole 1, pravý krajní nosník, 50 cm od kraje, v L/2, kab. 7	1
PV7	pole 1, 9. nosník, 13 cm od levého kraje, L/2, kab. 3	1
PV8	pole 1, 4. nosník, 9 cm od kraje, v L/2, kab. 3	2
PV9	pole 1, 4. nosník, 17 cm od kraje, v L/2, kab. 4	1
PV10	pole 1, 3. nosník, 8 cm od kraje, v L/2, kab. 3	1
PV11	pole 1, 2. nosník, 11 cm od levého kraje, v L/2, kab. 3	1
PV12	pole 1, 2. nosník, 7 cm od pravého kraje, kab. 3	2
PV13	pole 1, u OP1 vpravo zvedaný kabel, 70x23* cm, kab. 2	1
PV14	pole 1, nad PIL2 vpravo, zvedaný kabel, 70x23* cm, kab. 2	1
PV15	pole 2, pravý krajní nosník nad PIL2, zvedaný kabel, kab. 2	1
PV16	pole 2, levý krajní nosník nad OP3, zvedaný kabel, kab. 2	1
PV17	pole 2, 2. nosník, 4 m od Pil 2, 6 cm od hrany, kab. 3	1
PV18	pole 2, 2. nosník, 4 m od Pil 2, 12 cm od hrany, kab. 4	2
PV19	pole 2, 1. nosník, v místě výluhu, poblíž L/2, kab. 6	1
PV20	pole 2, 1. nosník, poblíž L/2, kab. 7	1
PV21	pole 2, 1. nosník, v místě výluhu, L/3, kab. 6	1
PV22	pole 2, 10. nosník, v místě silného výluhu, výtok vody z dutiny, kab. 6	1
PV23	pole 2, 8. nosník, v místě výluhu, výtok vody z kanálku, kab. 7	1
PV24	pole 2, 1. nosník, v místě výluhu, v místě aktivního zatékání, kab. 3	1
PV25	pole 2, levý krajní nosník, v místě odražené celé hrany, kab. 3	6
PV26	pole 1, nad P2 vlevo, zvedaný kabel, 70x23* cm, kab. 2	1
PV27	pole 2, nad P2 vlevo, zvedaný kabel, 70x23* cm, kab. 2	1

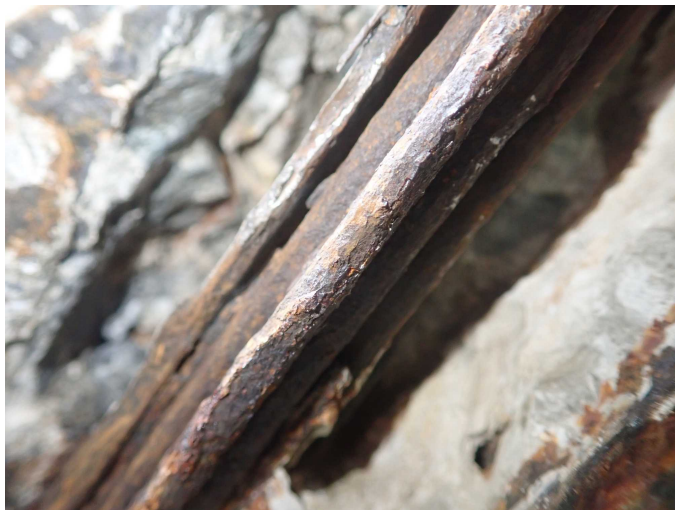
Legenda:

- ZM – zkušební místo,
- kab.* – označení kabelu dle typového podkladu,
- s. [3] – stupeň stavu koroze předpínací výztuže dle [3],
- c_{chr} – krytí chráničky,
- c_{dr} – krytí drátů,
- c - OK? – posouzení tloušťky krycí vrstvy betonu. Požadavky na tloušťku krycí vrstvy betonu viz kapitola 3.4,
- 70x23* - 70 cm od konce nosníku, 23 cm od horní hrany nosníku
- osl. - odhadované oslabení průřezové plochy.

ZM:	Zjištěný stav	c_{chr}	c_{dr}	c - OK?	osl.
PV1	výztuž viditelná i bez bourání, masivní koroze	40 mm	35 mm	nevyhovuje	50 %
PV2	zainjektováno, bez koroze	61 mm	58 mm	vyhovuje	0 %
PV3	zainjektováno, slabá bodová koroze	53 mm	50 mm	vyhovuje	0 %
PV4	zainjektováno, bez koroze	58 mm	54 mm	vyhovuje	0 %
PV5	zainjektováno, slabá bodová koroze	53 mm	52 mm	vyhovuje	0 %

PV6	zainjektováno, bez koroze	55 mm	52 mm	vyhovuje	0 %
PV7	zainjektováno, bez koroze	58 mm	78 mm	vyhovuje	0 %
PV8	zainjektováno, slabá bodová koroze	46 mm	50 mm	nevyhovuje	0 %
PV9	zainjektováno, bez koroze	30 mm	34 mm	nevyhovuje	0 %
PV10	zainjektováno, bez koroze	20 mm	25 mm	nevyhovuje	0 %
PV11	zainjektováno, bez koroze	28 mm	25 mm	nevyhovuje	0 %
PV12	vlhká injektáž, lokálně bodová koroze	25 mm	22 mm	nevyhovuje	0 %
PV13	zainjektováno, bez koroze, bez chráničky	38 mm	33 mm	nevyhovuje	0 %
PV14	zainjektováno, bez koroze, bez chráničky	45 mm	39 mm	nevyhovuje	0 %
PV15	zainjektováno, bez koroze	38 mm	35 mm	nevyhovuje	0 %
PV16	zainjektováno, bez koroze	37 mm	34 mm	nevyhovuje	0 %
PV17	koroze v injektáži, dráty bez koroze, koroze chráničky	32 mm	27 mm	nevyhovuje	0 %
PV18	koroze v injektáži, dráty bodová koroze, koroze chráničky	30 mm	25 mm	nevyhovuje	0 %
PV19	zainjektováno, bez koroze	41 mm	38 mm	nevyhovuje	0 %
PV20	zainjektováno, bez koroze	38 mm	35 mm	nevyhovuje	0 %
PV21	zainjektováno, bez koroze	39 mm	35 mm	nevyhovuje	0 %
PV22	zainjektováno, suchá injektáž	55 mm	52 mm	vyhovuje	0 %
PV23	částečně zainjektováno, bez koroze	40 mm	34 mm	nevyhovuje	0 %
PV24	zainjektováno, bez koroze	39 mm	36 mm	nevyhovuje	0 %
PV25	zainjektováno, výluhy a koroze	51 mm	35 mm	vyhovuje	50 %
PV26	zainjektováno, bez koroze	38 mm	36 mm	nevyhovuje	0 %
PV27	zainjektováno, bez koroze	42 mm	39 mm	nevyhovuje	0 %

3.5.1 FOTODOKUMENTACE



PV1

Obrázek 27



PV2

Obrázek 28



PV3

Obrázek 29



PV4

Obrázek 30



PV5

Obrázek 31



PV6

Obrázek 32



PV7

Obrázek 33



PV8

Obrázek 34



PV9

Obrázek 35



PV10

Obrázek 36



PV11

Obrázek 37



PV12

Obrázek 38



PV13

Obrázek 39



PV14

Obrázek 40



PV15

Obrázek 41



PV16

Obrázek 42



PV17

Obrázek 43



PV18

Obrázek 44



PV19

Obrázek 45



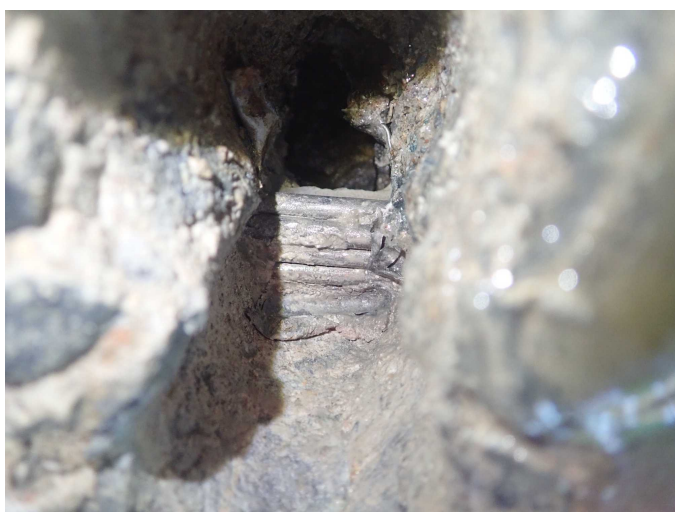
PV20

Obrázek 46



PV21

Obrázek 47



PV22

Obrázek 48



PV23

Obrázek 49



PV24

Obrázek 50



PV25

Obrázek 51



PV26

Obrázek 52



PV27

Obrázek 53

ZHODNOCENÍ STAVU PŘEDPÍNAČÍ VÝZTUŽE

Krytí předpínací výztuže vyhovuje z hlediska dnešních požadavků pouze na 30 % míst. Krytí je průměrně 41 mm. U čtyřech sond byly zjištěny závady v injektáži, jinak je injektáž v pořádku. V jednom místě byla nalezena nadlimitní koncentrace chloridů v injektáži. Jedná se o sondu PV17.

Chránička je užita kovová - sandrik. **Ke korozi drátů předpínací výztuže došlo na levém boku NK, kde chybí krycí vrstva a dráty jsou obnažené, a to v poli 1 i 2. V těchto místech bylo zjištěno oslabení průřezové plochy cca 50 %, ve statickém výpočtu je nutné uvažovat oslabení těchto lan jako 100 %, protože při korozi dochází podle článku [3] ke změně mechanických vlastností předpínací výztuže, jako je tažnost a pevnost. Výsledné doporučení uvažování oslabení pro statický výpočet viz kapitola 4.3. Ve zbytku bouraných sond je výztuž bez koroze, nebo se slabou lokalizovanou korozí.**

Ve všech případech byly naměřeny profily drátů $\varnothing 4.5$ mm, což je v souladu s typovým podkladem nosníků.

3.6 OVĚŘENÍ STAVU DUTIN MEZI NOSNÍKY

V rámci diagnostického průzkumu bylo provedeno ověření stavu všech dutin nosníků. Dutiny krajních nosníků byly zpřístupněny vývrty a následně fotoaparátem. Dutiny zbylé byly zkoumány endoskopem. Pro vstup kamery endoskopu byly využity otvory, které byly v minulosti odvrtány jako odvodňovací.

Vybrané snímky z endoskopu viz dále.



Obrázek 54

pole 1, 1. dutina – stopy zatékání do dutiny, separace krycí vrstvy výztuže



Obrázek 55

pole 1, 2. dutina – vyteklý beton z montážního otvoru, výluh

**Obrázek 56**

pole 1, 3. dutina – stopy zatékání na stěně, separace krycí vrstvy výztuže

**Obrázek 57**

pole 1, 4. dutina – stopy zatékání na stěně

**Obrázek 58**

pole 1, 5. dutina – stopy zatékání na horní desce



pole 1, 6. dutina – stopy zatékání na stěně

Obrázek 59



pole 1, 7. dutina – stopy zatékání na horní desce

Obrázek 60



pole 1, 8. dutina – stopy zatékání na horní desce

Obrázek 61



pole 1, 9. dutina – výluh v horní desce

Obrázek 62



pole 1, 10. dutina – stopy zatékání do dutiny

Obrázek 63



pole 2, 1. dutina – mokré dno nosníku

Obrázek 64

**Obrázek 65**

pole 2, 2. dutina – stopy zatékání na stěně, separace krycí vrstvy výztuže

**Obrázek 66**

pole 2, 3. dutina – separace krycí vrstvy výztuže šikminy horní desky

**Obrázek 67**

pole 2, 4. dutina – stopy zatékání na stěně



Obrázek 68

pole 2, 5. dutina – stopy zatékání na horní desce



Obrázek 69

pole 2, 6. dutina – podélné trhliny zatékání na horní desce



Obrázek 70

pole 2, 7. dutina – stopy zatékání na stěně



pole 2, 8. dutina – stopy zatékání na horní desce

Obrázek 71



pole 2, 9. dutina – stopy zatékání na stěně

Obrázek 72



pole 2, 10. dutina – mokré dno nosníku po odvodnění; odpadlý asfaltový papír (není závadou)

Obrázek 73



pole 2, 10. dutina – výtok vody z dutiny

Obrázek 74

Stav nosníků uvnitř je horší, než zvenku. Jsou patrné stopy zatékání, mokré je zejména dno většiny dutin. Lokálně se objevuje betonářská výztuž, jejíž krycí vrstva se separovala. Lokálně se v menší míře objevují trhliny (ve všech směrech). Na stěnách a horní desce jsou patrné slabší či silnější mapy výluhů.

3.7 KOROZNÍ POTENCIÁLOVÁ MAPA VÝZTUŽE

Korozní potenciálové mapy byly provedeny na povrchu jednotlivých segmentů mostu. Každá mapa sleduje oblast vykazující znaky možné probíhající koroze výztuže. Rozsah (velikost a počet měřených uzlů) provedené mapy je vždy přizpůsoben konkrétnímu místu.

Poločláňková potenciálová metoda je nedestruktivní zkouška. Korozní potenciály neupravené předpínací výztuže jsou měřeny na povrchu betonu poločláňkovou nepolarizovatelnou elektrodou Ag/AgCl (silver electrode), jejíž potenciál vůči měděné elektrodě (CSE - cooper-sulfate electrode) je -110 mV. Hodnota -250 mV měřená proti Ag/AgCl elektrodě odpovídá hodnotě -360 mV proti Cu/CuSO₄ elektrodě. Hodnoty v [mV] byly odečítány a ukládány do paměti měřicí jednotkou GP-5000 (Germann Instruments) vysokým vnitřním odporem ($R > 10\text{M}\Omega$).

Měřicí jednotka GP-5000



Kritérium pravděpodobnosti koroze dle ASTM C 876-91

Hodnota korozního potenciálu CSE	Pravděpodobnost výskytu aktivní koroze
Více než -200 mV (méně negativní)	90% pravděpodobnost, že neprobíhá koroze
V intervalu -201 do -350 mV	Koroze uložené výztuže není jistá, tj. 50%
Menší -350 mV (více negativní)	90% pravděpodobnost koroze

Korozí se rozumí právě probíhající elektrochemický korozní proces anodického rozpouštění oceli a její přeměny na korozní produkty. Místa, kde koroze probíhala dříve a nyní je zastavena, a jsou zde pouze staré korozní produkty (např. po vysušení oblasti), nelze touto metodou zjistit.

Podobně je problematické odhalit korozi v místech s odtrženou krycí vrstvou betonu nad zkorodovanou výztuží, kde se nachází často velké množství oxidů železa. Okolní beton je okrově zabarven, avšak korozní potenciál vzhledem k oddělení povrchu betonu od anodické oblasti oceli nebo vzhledem k již zastavenému elektrochemickému pochodu je naměřen poměrně nízký.

Uzemnění měřicího přístroje bylo připojeno na odhalenou a řádně očištěnou část předpínací výztuže měřené konstrukce v bezprostřední blízkosti měřeného místa. Převazování zemnicích bodů a výpočet chyby měření se vzhledem k charakteru konstrukce (krátký měřený úsek) neprovádělo. Beton byl na měřených plochách před prováděním zkoušky vlhčen postřikem vodou.

Použité vybavení plně vyhovuje požadavkům normy ASTM C 876-87. Postup měření je ve shodě s postupem dle ASTM C 876-91, TP 121, TP 260.

Sledování korozní aktivity bylo provedeno celkem na 8 vybraných místech. Měřené body (uzly sítě) leží v obdélníkové síti.

Podrobný výpis naměřených hodnot a grafické zpracování výsledků korozního průzkumu je součástí této kapitoly zprávy o měření. Pro přehlednost jsou výsledky zobrazeny tabulárně i graficky s přiloženým schématem měřené oblasti pro snazší orientaci. Hodnoty naměřené vůči Ag elektrodě jsou přepočteny na hodnoty odpovídající Cu elektrodě. Pro vyhodnocení měření se používají kritéria pravděpodobnosti koroze dle ASTM C 876-91. Tato kritéria nejsou zcela univerzální, porovnávají se se stavem zkoušeného prvku a prováděnému měření lze přisoudit

přiměřeně reálné hodnoty. V rámci vyhodnocení jsou případné kladné hodnoty mV omezeny hodnotou 149 mV z důvodu grafického nastavení výstupu korozní mapy.

Rozmístění a vyhodnocení korozních potenciálových map výztuže

Zk. místo	Popis zkoušené části konstrukce	Pravděpodobnost výskytu aktivní koroze
PPM1	V blízkosti sondy PV25	- dle tabulky byla v měřené oblasti vyhodnocena 90% pravděpodobnost, že neprobíhá koroze.
PPM2	V blízkosti sondy PV20	- dle tabulky byla v měřené oblasti vyhodnocena 90% pravděpodobnost, že neprobíhá koroze.
PPM3	V blízkosti sondy PV19	- dle tabulky byla v měřené oblasti vyhodnocena 90% pravděpodobnost, že neprobíhá koroze.
PPM4	V blízkosti sondy PV24	- dle tabulky byla v měřené oblasti vyhodnocena 90% pravděpodobnost, že neprobíhá koroze.
PPM5	V blízkosti sondy PV18	- dle tabulky byla v měřené oblasti vyhodnocena 90% pravděpodobnost, že neprobíhá koroze.
PPM6	V blízkosti sondy PV22	- dle tabulky byla v měřené oblasti vyhodnocena 90% pravděpodobnost, že neprobíhá koroze.
PPM7	V blízkosti sondy PV3	- dle tabulky byla v měřené oblasti vyhodnocena 50% pravděpodobnost, že neprobíhá koroze.
PPM8	V blízkosti sondy PV1	- dle tabulky byla v měřené oblasti vyhodnocena 50% pravděpodobnost, že neprobíhá koroze.

ZHODNOCENÍ KOROZNÍHO POTENCIÁLU

V 6 z 8 vyšetřovaných oblastech předpínací výztuže nebyly zjištěny takové hodnoty korozního potenciálu, které by signalizovaly pravděpodobnost výskytu aktivní koroze vyšší než 10%. Pouze ve dvou případech (zkušební místa PPM7 a PPM8) byly naměřeny hodnoty signalizující 50 % pravděpodobnost probíhající aktivní koroze předpínací výztuže. V místě PPM8 je koroze patrná i z bourané sondy, ale v místě PPM7 koroze z bourané sondy patrná není, hrozí tedy koroze poblíž bourané sondy PV3.

NÁSLEDUJE PŘÍLOHA: POTENCIÁLOVÉ MAPY PŘEDPÍNACÍ VÝZTUŽE

Zkušební oblast : PPM 01

Objekt: 193-020, Most přes řeku Úhlavku ve Stříbře

Popis místa: V blízkosti sondy PV25

Elektroda: Ag/AgCl

Měřicí přístroj: Galva Pulse GP 5000

Počítač: Hodnoty byly zapisovány do ručního počítače PSION

Datum zkoušky: 09.08.2022

Zpracovatel: Bc. Ondřej Mohyla

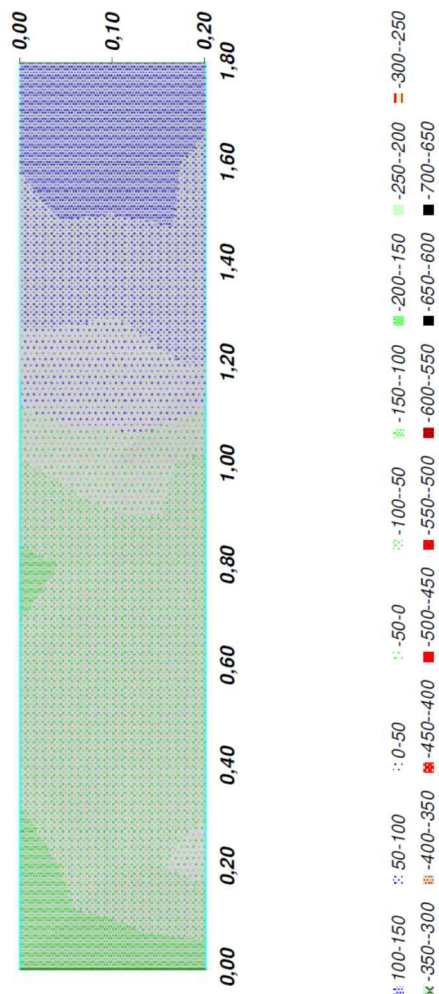
Poznámka: Zkušební oblast byla před samotným měřením dostatečně zvlhčena

min. = -149,00 max. = 149,00

FOTOGRAFIE ZKUŠEBNÍHO MÍSTA

Naměřené hodnoty potenciálů [mV]

	sloupec	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
řada	stanič.	0,00	0,20	0,40	0,60	0,80	1,00	1,20	1,40	1,60	1,80
1	0,00	-149	-126	-85	-91	-112	-54	41	69	104	147
2	0,10	-134	-66	-82	-79	-83	-21	39	62	141	149
3	0,20	-125	-38	-63	-80	-77	-65	54	77	85	140

Korozní mapa

Zkušební oblast : PPM 02

Objekt: 193-020, Most přes řeku Úhlavku ve Stříbře

Popis místa: V blízkosti sondy PV20

Elektroda: Ag/AgCl

Měřicí přístroj: Galva Pulse GP 5000

Počítač: Hodnoty byly zapisovány do ručního počítače PSION

Datum zkoušky: 09.08.2022

Zpracovatel: Bc. Ondřej Mohyla

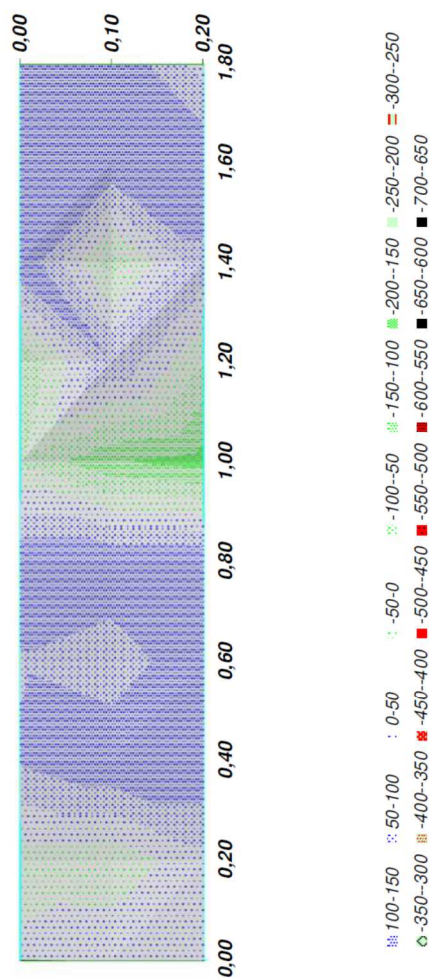
Poznámka: Zkušební oblast byla před samotným měřením dostatečně zvlhčena

min. = -173,00 max. = 149,00

FOTOGRAFIE ZKUŠEBNÍHO MÍSTA

Naměřené hodnoty potenciálů [mV]

	sloupec	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
řada	stanič.	0,00	0,20	0,40	0,60	0,80	1,00	1,20	1,40	1,60	1,80
1	0,00	17	-31	108	94	149	-57	-105	149	149	144
2	0,10	42	-39	149	62	149	-145	98	-77	149	146
3	0,20	41	33	149	149	149	-173	-50	86	149	27

Korozní mapa

Zkušební oblast : PPM 03

Objekt: 193-020, Most přes řeku Úhlavku ve Stříbře

Popis místa: V blízkosti sondy PV19

Elektroda: Ag/AgCl

Měřicí přístroj: Galva Pulse GP 5000

Počítač: Hodnoty byly zapisovány do ručního počítače PSION

Datum zkoušky: 09.08.2022

Zpracovatel: Bc. Ondřej Mohyla

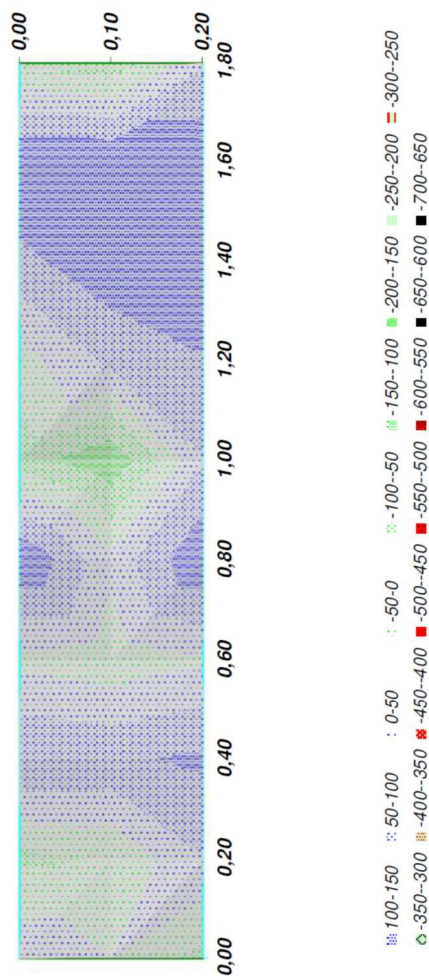
Poznámka: Zkušební oblast byla před samotným měřením dostatečně zvlhčena

min. = -143,00 max. = 149,00

FOTOGRAFIE ZKUŠEBNÍHO MÍSTA

Naměřené hodnoty potenciálů [mV]

	sloupec	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
řada	stanič.	0,00	0,20	0,40	0,60	0,80	1,00	1,20	1,40	1,60	1,80
1	0,00	36	-62	96	-13	149	-76	-23	87	149	-56
2	0,10	-1	-45	90	-31	15	-143	66	132	149	-84
3	0,20	-67	46	110	-5	149	46	97	149	149	36

Korozní mapa

Zkušební oblast : PPM 04

Objekt: 193-020, Most přes řeku Úhlavku ve Stříbře

Popis místa: V blízkosti sondy PV24

Elektroda: Ag/AgCl

Měřicí přístroj: Galva Pulse GP 5000

Počítač: Hodnoty byly zapisovány do ručního počítače PSION

Datum zkoušky: 09.08.2022

Zpracovatel: Bc. Ondřej Mohyla

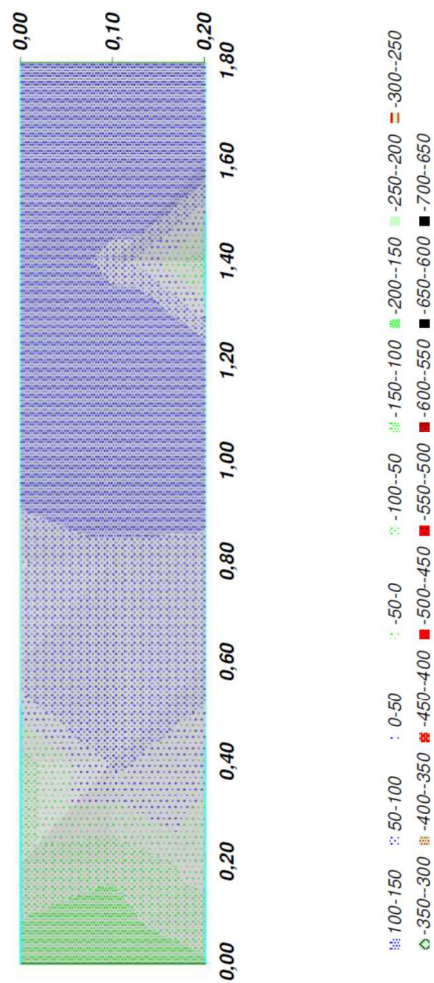
Poznámka: Zkušební oblast byla před samotným měřením dostatečně zvlhčena

min.= -140,00 max.= 149,00

FOTOGRAFIE ZKUŠEBNÍHO MÍSTA

Naměřené hodnoty potenciálů [mV]

řada	sloupec	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	0,00	-122	-73	-77	99	46	149	149	149	149	149
2	0,10	-140	-91	60	59	84	149	149	85	149	149
3	0,20	-107	-27	9	78	79	149	149	-88	149	149

Korozní mapa

Zkušební oblast : PPM 05

Objekt: 193-020, Most přes řeku Úhlavku ve Stříbře

Popis místa: V blízkosti sondy PV18

Elektroda: Ag/AgCl

Měřicí přístroj: Galva Pulse GP 5000

Počítač: Hodnoty byly zapisovány do ručního počítače PSION

Datum zkoušky: 09.08.2022

Zpracovatel: Bc. Ondřej Mohyla

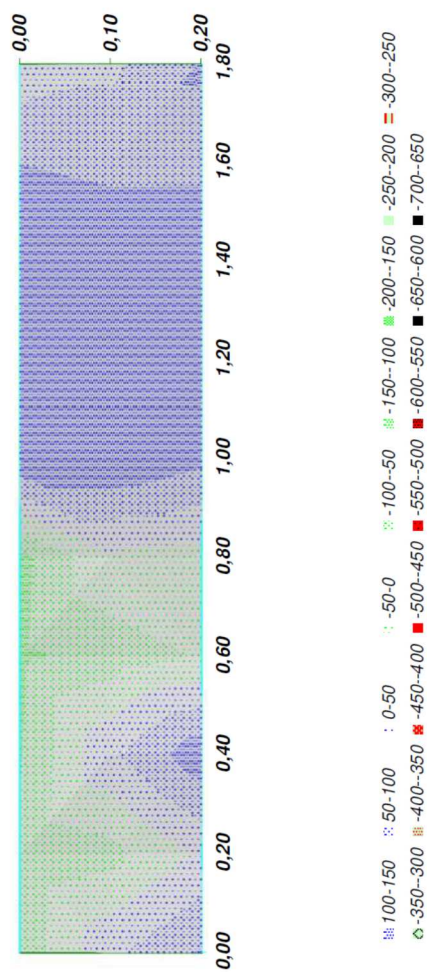
Poznámka: Zkušební oblast byla před samotným měřením dostatečně zvlhčena

min. = -115,00 max. = 149,00

FOTOGRAFIE ZKUŠEBNÍHO MÍSTA

Naměřené hodnoty potenciálů [mV]

řada	sloupec	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	0,00	-85	-94	-104	-110	-115	-149	-149	-149	-98	-20
2	0,10	40	-67	41	-79	-9	-149	-149	-149	-83	-38
3	0,20	107	9	135	-46	-24	-115	-149	-149	-84	-105

Korozní mapa

Zkušební oblast : PPM 06

Objekt: 193-020, Most přes řeku Úhlavku ve Stříbře

Popis místa: V blízkosti sondy PV22

Elektroda: Ag/AgCl

Měřicí přístroj: Galva Pulse GP 5000

Počítač: Hodnoty byly zapisovány do ručního počítače PSION

Datum zkoušky: 09.08.2022

Zpracovatel: Bc. Ondřej Mohyla

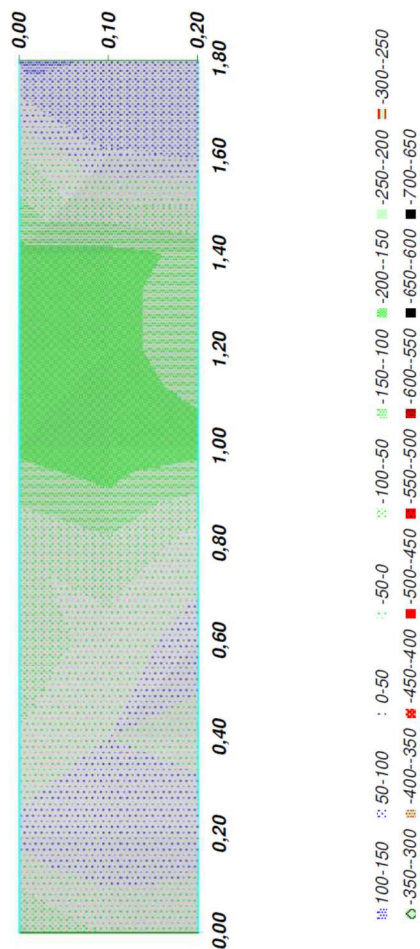
Poznámka: Zkušební oblast byla před samotným měřením dostatečně zvlhčena

min. = -193,00 max. = 110,00

FOTOGRAFIE ZKUŠEBNÍHO MÍSTA

Naměřené hodnoty potenciálů [mV]

	sloupec	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
řada	stanič.	0,00	0,20	0,40	0,60	0,80	1,00	1,20	1,40	1,60	1,80
1	0,00	-109	19	-47	-82	-60	-163	-192	-167	-51	110
2	0,10	-43	50	0	-28	-92	-193	-166	-166	45	95
3	0,20	-50	35	-21	26	-27	-167	-123	-139	53	65

Korozní mapa

Zkušební oblast : PPM 07

Objekt: 193-020, Most přes řeku Úhlavku ve Stříbře

Popis místa: V blízkosti sondy PV3

Elektroda: Ag/AgCl

Měřicí přístroj: Galva Pulse GP 5000

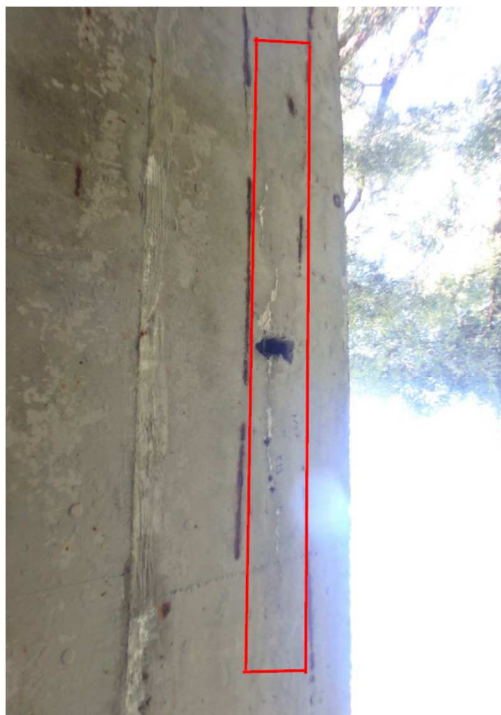
Počítač: Hodnoty byly zapisovány do ručního počítače PSION

Datum zkoušky: 09.08.2022

Zpracovatel: Bc. Ondřej Mohyla

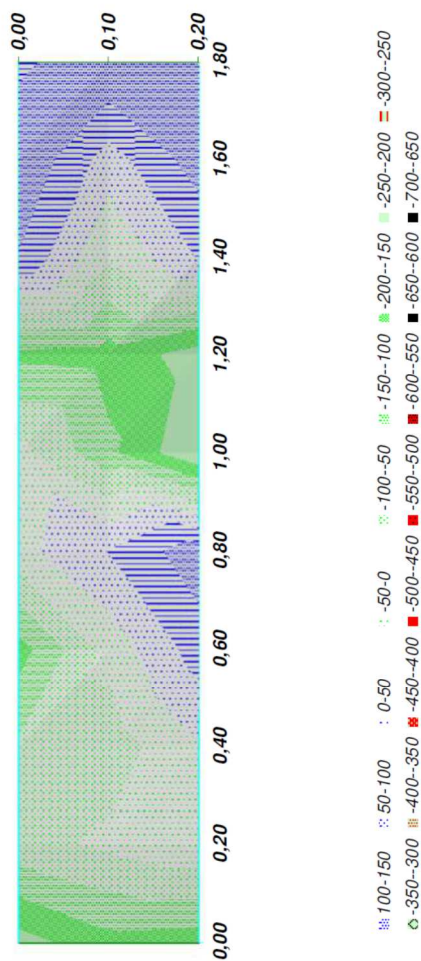
Poznámka: Zkušební oblast byla před samotným měřením dostatečně zvlhčena

min.= -248,00 max.= 149,00

FOTOGRAFIE ZKUŠEBNÍHO MÍSTA

Naměřené hodnoty potenciálů [mV]

řada	sloupec	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	0,00	-222	-70	-92	-172	-17	-35	-161	96	149	87
2	0,10	-168	-40	-78	-33	52	-138	-171	-46	28	149
3	0,20	-178	-11	-4	74	132	-248	-222	54	126	149

Korozní mapa

Zkušební oblast : PPM 08

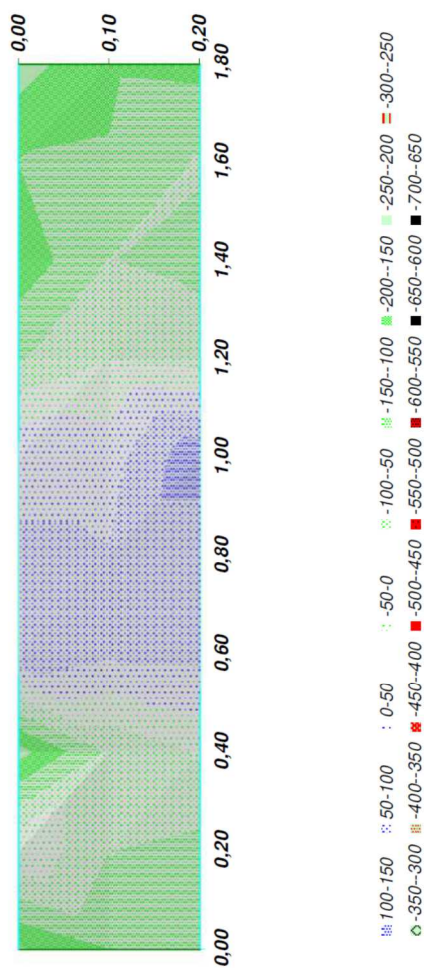
Objekt: 193-020, Most přes řeku Úhlavku ve Stříbře
 Popis místa: V blízkosti sondy PV1
 Elektroda: Ag/AgCl
 Měřicí přístroj: Galva Pulse GP 5000
 Počítač: Hodnoty byly zapisovány do ručního počítače PSION
 Datum zkoušky: 09.08.2022
 Zpracovatel: Bc. Ondřej Mohyla
 Poznámka: Zkušební oblast byla před samotným měřením dostatečně zvlhčena

min. = -223,00 max. = 140,00

FOTOGRAFIE ZKUŠEBNÍHO MÍSTA

Naměřené hodnoty potenciálů [mV]

řada	sloupec	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	0,00	-207	-1	-219	91	52	46	-105	-183	-149	-223
2	0,10	-152	-99	-93	58	52	29	-55	-99	-147	-158
3	0,20	-123	-116	-45	65	53	140	-75	-113	-95	-164

Korozní mapa

4 SHRNUTÍ VÝSLEDKŮ DIAGNOSTICKÉHO PRŮZKUMU

Diagnostický průzkum obsahuje pouze nejdůležitější data a výstupy, kompletní získaná data jsou uložena u zpracovatele, firmy Pontex s. r. o. v digitální podobě.

4.1 SPODNÍ STAVBA

4.1.1 OPĚRY

Na opěry masivně zatéká dilatačními spárami, proto se objevují výluhy pojiva a v horní části (úložných prazích) i výluhy koroze. Betonářská výztuž úložných prahů koroduje na značné části ploch. Povrchová vrstva betonu je zdegradovaná. Pevnost v tlaku opěr odpovídá třídě C8/10. Nasákavost je vysoká, beton opěry nevyhovuje (nasákavost 6.5 - 10.7 ‰; průměrně 8.3 ‰). Z hlediska CHRL lze beton považovat za nevyhovující (rozsah 987-5838 g/m²), má nízkou odolnost proti zmrazování za působení vody a CHRL.

Opěry vykazují v 11 z 12 případů nadlimitní koncentrace chloridovými ionty, kontaminace jsou v rozmezí 0.22-1.68 ‰. Karbonatace je vysoká a dosahuje často přes celou krycí vrstvu. Ochranná funkce krycí vrstvy je velmi snížena.

4.1.2 PILÍŘ

Na stativa masivně zatéká dilatační spárou, proto se na stativu objevují výluhy pojiva a koroze. Betonářská výztuž koroduje na značné části plochy stativa. Beton stojek pilíře povrchově degraduje. Pevnost pilíře odpovídá třídě C16/20. Nasákavost je vysoká, beton pilíře nevyhovuje (nasákavost 5.8 - 8.1 ‰; průměrně 7.1 ‰). Pilíře vykazují v 8 z 9 případů nadlimitní koncentrace chloridovými ionty, kontaminace jsou v rozmezí 0.17-1.89 ‰. Z hlediska CHRL lze beton považovat za nevyhovující (rozsah 7005-10198 g/m²), má velmi nízkou odolnost proti zmrazování za působení vody a CHRL. Karbonatace je vysoká a dosahuje často přes celou krycí vrstvu. Ochranná funkce krycí vrstvy je velmi snížena.

Spodní stavba je hodnocena stavem VI - Velmi špatný.

4.2 NOSNÁ KONSTRUKCE

Do nosné konstrukce významně zatéká nefunkčními mostními závěry a hydroizolací.

4.2.1 NOSNÍKY

Významně zatéká na vnější boky krajních nosníků pod římsami. Důsledkem je intenzivní koroze betonářské i přepínací výztuže (obnažený předpínací kabel 1. nosníku v 1. i 2. poli). Na spodním líci NK jsou výrazné průsaky s výluhy pojiva podélnými trhlinami, které vedou podél předpínací výztuže. Odvodňovacími otvory vytéká voda z nosníků.

Stav nosníků uvnitř je horší, než zvenku. Jsou patrné stopy zatékání, mokré je zejména dno většiny dutin. Lokálně se objevuje betonářská výztuž, jejíž krycí vrstva se separovala. Lokálně se v menší míře objevují trhliny (ve všech směrech). Na stěnách a horní desce jsou patrné slabší či silnější mapy výluhů.

Pevnost v tlaku nosníků je poměrně vysoká, výsledná třída je C35/45. Nosníky mají podle zkoušek nasákavost 3.3 - 6.2 ‰; průměrně 4.9 ‰; celkově beton vyhovuje. Beton má vyhovující odolnost povrchu vůči působení vody a CHRL. Číselně bylo odpadů 596 a 646 g/m², oba vzorky vyhovují. Zkoušky na chloridové ionty vykazují v 70 ‰ případů nadlimitní koncentrace chloridovými ionty, často v celé zkoušené hloubce.

Výsledné kontaminace jsou v rozmezí 0.01-1.44 %; průměrně 0.41 %. Injektážní malta byla zkoušena jen na PV17, byla nalezena nadlimitní koncentrace chloridů. Nosná konstrukce má zcela nedostatečné krytí (průměrně 23 mm). Hloubka karbonatce nosníků je velmi nízká, v řádu milimetrů. Nízká je však lokálně i tloušťka krycí vrstvy, a proto je krycí vrstva lokálně již separovaná a výztuž koroduje. Podle korozních potenciálových map nebyly ve všech vyšetřovaných oblastech předpínací výztuže zjištěny takové hodnoty korozního potenciálu, které by signalizovaly pravděpodobnost výskytu aktivní koroze vyšší než 10 %. Výjimku tvoří místo PPM7, kde hrozí koroze předpínací výztuže (poblíž bourané sondy PV3).

Krytí předpínací výztuže vyhovuje z hlediska dnešních požadavků pouze na 30 % míst. **Ke korozi drátů předpínací výztuže došlo na levém boku NK, kde je odpadlé krytí a dráty jsou obnaženy, a to v poli 1 i 2. V těchto místech bylo zjištěno oslabení průřezové plochy cca 50 %, ve statickém výpočtu je nutné uvažovat oslabení těchto lan jako 100 %, protože při korozi dochází podle článku [3] ke změně mechanických vlastností předpínací výztuže, jako je tažnost a pevnost.** Ve zbytku bouraných sond je výztuž bez koroze, nebo se slabou lokalizovanou korozí. Koroze předpínací výztuže nicméně hrozí kvůli změřenému koroznímu potenciálu a zatékání do předpínací výztuže zjištěném v místě PV17.

4.2.2 DOBETONÁVKY MEZI NOSNÍKY

Na spodním líci NK jsou výrazné průsaky s výluhy pojiva spárami mezi nosníky.

Zkoušky na chloridové ionty vykazují ve 100 % případů nadlimitní koncentrace, často v celé zkoušené hloubce. Výsledné kontaminace jsou v rozmezí 0.22-1.07 %; průměrně 0.51 %.

Nosná konstrukce má v současném stavu stavební stav VI - Velmi špatný.

4.3 DOPORUČENÍ PRO STATICKÝ VÝPOČET

Ve statickém výpočtu je nutné uvažovat oslabení krajního lana v 1. i 2. poli 100 %. Jedná se o levé lano na levém boku nosné konstrukce, které je dle typového podkladu označeno číslem 3. Kvůli možné nahodilosti výskytu koroze předpínací výztuže a kvůli masivnímu zatékání ve spárách i mezi dalšími nosníky doporučujeme na základě našeho odhadu uvážit u každého nosníku oslabení průřezové plochy předpínací výztuže 20 %.

Kvůli masivnímu zatékání zejména na konzolu stativa a korozi výztuže stativa doporučujeme na základě našeho odhadu uvážit oslabení 15 % průřezové plochy výztuže stativa. U stojek je třeba uvážit kvůli degradaci betonu odpadnutí povrchové vrstvy betonu v tloušťce 2 cm na celém povrchu stojek. Oslabení výztuže stojek je odhadnuto na 10 %.

5 PŘEHLED ZATÍŽITELNOSTI A HODNOCENÍ STAVEBNÍHO STAVU

Prohlídka mostu nebyla součástí smlouvy, proto je provedena pouze v rozsahu nutném pro hodnocení stavu mostu. Fotografie jsou pořízeny k jednotlivým pracím.

Stavební stav dle výsledků průzkumu

Spodní stavba VI - Velmi špatný; koefic. $\alpha=0.4$

Nosná konstrukce VI - Velmi špatný; koefic. $\alpha=0.4$

Pozn.: doporučení pro statický výpočet a doporučený způsob uvažování poruch a oslabení ve výpočtu viz kap. 4.3.

Použitelnost: III – použitelný s výhradou

Výsledky provedeného výpočtu zatížitelnosti

Zatížitelnosti:	V_n	V_r	V_e	V_{aj}
Vypočtená hodnota	20 t	42 t	81 t	12 t

Platnost výpočtu je 5 let. Výpočet je přiložen v kapitole 7.3. Do BMS byla data o stavebním stavu a zatížitelnosti vložena pomocí „aktualizace dat“.

6 NÁVRH OPATŘENÍ**6.1 KRÁTKODOBÁ OPATŘENÍ**

- Osadit značky omezující zatížitelnost: B13 = 20 t, E5 = 42 t, B14 = 12 t.
- Provádět běžnou údržbu: čistit povrchy mostu a udržovat mostní svršek a vybavení v provozuschopném stavu, který zajistí bezpečnost provozu na mostě.
- Provádět v řádných intervalech prohlídky mostu.

6.2 DLOUHODOBÁ OPATŘENÍ

Zbytkovou životnost odhadujeme na 10 let. Konstrukce je neopravitelná, proto je nutné nosnou konstrukci v horizontu 10 let vyměnit. Do té doby se stav mostu může ještě zhoršovat, proto je třeba po 5 letech provést doplňkový diagnostický průzkum předpínací výztuže. Tento doplňkový průzkum stanoví další opatření a režim užívání mostu. Vzhledem ke stavu spodní stavby doporučujeme i výměnu spodní stavby.

7 PŘÍLOHY

Jsou přiloženy:

- Zpráva laboratoře Kloknerův ústav,
- schéma zkušebních míst,
- statický výpočet zatížitelnosti.

7.1 ZPRÁVA KLOKNEROVA ÚSTAVU

Zpráva laboratoře Kloknerova ústavu viz následující stránky.



**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ
V PRAZE**

K L O K N E R Ů V Ú S T A V
Šolínova 7, 166 08 Praha 6 - Dejvice

**Expertní zpráva č.
2200 J 040-18**

Datum vydání zprávy

5. září 2022

Oddělení KÚ

Experimentální
tel. +420 224 353 537

Objednatel: PONTEx, spol. s r.o.
Ing. Marek Vokál
Bezová 1658
147 14 Praha 4

Expertní zpráva:

**Stanovení charakteristik materiálů odebraných v rámci akce:
„Diagnostickeý průzkum mostu ev. číslo: 193-020, Stříbro“**

Vypracovali:

Ing. Tomáš Mandlík

Spolupráce:

Ruslan Matyas

Odpovědný řešitel:

Ing. Tomáš Mandlík

Vedoucí oddělení:

prof. Ing. Jiří Kolísko, Ph.D.

Ředitel KÚ:

prof. Ing. Jiří Kolísko, Ph.D.

Výtisk číslo:

1

2

Rozdělovník:

Objednatel 1x

Archiv KÚ: 1x

Zpráva může být reprodukována pouze jako celek. Části zprávy mohou být reprodukovány, publikovány nebo jinak použity pouze na základě písemného souhlasu ředitele Kloknerova ústavu.

ANOTACE

Zpráva uvádí výsledky stanovení charakteristik materiálů z jádrových vývrtů odebraných v rámci akce: „**Diagnostický průzkum mostu ev. číslo: 193-020, Stříbro**“.

Zprávu zpracovali pracovníci ČVUT v Praze, Kloknerův ústav, který je zapsán v seznamu ústavů kvalifikovaných pro znaleckou činnost dle ustanovení §21 odst. 3, zákona č. 36/1967 Sb. a vyhlášky č. 37/1967 Sb., ve znění pozdějších předpisů, uveřejněném v Ústředním věstníku ČR, ročník 2004, částka 2, ze dne 14. 10. 2004, přílohy ke sdělení Ministerstva spravedlnosti ze dne 13. 7. 2004, č.j. 228/203–Zn.

Klíčová slova: vývrt, objemová hmotnost, pevnost v tlaku, nasákavost, CH.R.L. - metoda A, CH.R.L. - metoda C

OBSAH:

1. ÚVOD	3
2. PODKLADY	3
3. POSTUP PRACÍ A VÝSLEDKY	3
3.1 POPIS ZKUŠEBNÍCH VZORKŮ	3
3.2 STANOVENÍ PEVNOSTI BETONU V TLAKU	12
3.3 STANOVENÍ OBJEMOVÉ HMOTNOSTI A NASÁKAVOSTI.....	13
3.4 STANOVENÍ ODOLNOSTI PROTI CH.R.L. – metoda A	14
3.5 STANOVENÍ ODOLNOSTI PROTI CH.R.L. – metoda C	20

1. ÚVOD

Na základě objednávky společnosti PONTEX, spol. s r.o. provedli pracovníci Kloknerova ústavu ČVUT Praha na dodaných jádrových vývrtech fyzikálně-mechanické zkoušky materiálů. Vzorky byly odebrány společností Aqis, s.r.o. v rámci akce „**Diagnostický průzkum mostu ev. číslo: 193-020, Stříbro**“.

V rámci zkoušek bylo provedeno:

- vizuální prohlídka a popis vývrtů,
- stanovení objemové hmotnosti betonu,
- stanovení pevnosti betonu v tlaku,
- stanovení nasákavosti betonu,
- stanovení odolnosti povrchu proti působení CH.R.L. - metoda A,
- stanovení odolnosti povrchu proti působení CH.R.L. - metoda C.

Účelem zkoušek bylo získat obraz o mechanicko-fyzikálních vlastnostech materiálů a poskytnout tak podklad pro případný návrh opravy či posouzení konstrukce. Zkoušky proběhly v laboratořích Kloknerova ústavu v průběhu srpna a počátkem září 2022.

2. PODKLADY

- [1] ČSN EN 12504-1 Zkoušení betonu v konstrukcích. Část 1: Vývrty. Odběr, vyšetření a zkoušení v tlaku.
- [2] ČSN EN 12390-3 Zkoušení ztvrdlého betonu. Část 3: Pevnost v tlaku zkušebních těles.
- [3] ČSN EN 12390-7 Zkoušení ztvrdlého betonu. Část 7: Objemová hmotnost ztvrdlého betonu.
- [4] ČSN EN 13791 Posuzování pevnosti betonu v tlaku v konstrukcích a prefabrikovaných betonových dílcích (platnost ukončena 03/2020, nahrazena [5]).
- [5] ČSN EN 13791 Posuzování pevnosti betonu v tlaku v konstrukcích a prefabrikovaných betonových dílcích.
- [6] ČSN EN 206+A2 Beton. Část 1: Specifikace, vlastnosti, výroba a shoda.
- [7] ČSN P 73 2404 Beton. Specifikace, vlastnosti, výroba a shoda - Doplnující informace.
- [8] TKP 18 Betonové konstrukce a mosty.
- [9] Dohnálek, J.: Kontrola pevnosti betonu ve stavební konstrukci. Úspora cementu při výstavbě betonových konstrukcí. Studijní texty, ČSVTS. Praha, 1983.
- [10] ČSN 73 1316 – Stanovení vlhkosti, nasákavosti a vztlakovosti betonu (norma zrušena).
- [11] ČSN EN 13369 ED.2, Příloha F – Společná ustanovení pro betonové prefabrikáty (Příloha F).
- [12] ČSN 73 1326 – Stanovení odolnosti povrchu cementového betonu proti působení vody a chemických rozmrazovacích látek.

3. POSTUP PRACÍ A VÝSLEDKY

3.1 POPIS ZKUŠEBNÍCH VZORKŮ

Pro zkoušky byly do KÚ zástupcem objednatele dne 29. 7. 2022 dodány jádrové vývrty odebrané společností Aqis, s.r.o. dne 25. 7. 2022 v rámci akce „**Diagnostický průzkum mostu ev. číslo: 193-020, Stříbro**“. Přehled a označení vývrtů je uvedeno v Tabulce 1 a 2.

V Kloknerově ústavu byly dodané vývrtky prohlédnuty, vyfotografovány (viz Foto 1 až 9), byla popsána struktura pláště vývrtů a vzorky byly následně připraveny pro předepsané zkoušky. Výsledky vizuální prohlídky jsou zaznamenány v Tabulce 1. Místa odběrů vzorků jsou uvedena v Tabulce 2.

Tabulka 1: Popis vývrtů

Označení vývrtu	Délka / průměr [mm]	Popis struktury vývrtu
P1	110/Ø75	V betonu převažuje podíl HDK nad DTK. Vývrt též obsahuje ojedinělá zrna HTK. Max. velikost zrna HTK je 13 mm, max. velikost zrna HDK je 45 mm. Beton je hutný, na plášti vývrtu byl zaznamenán větší počet makropórů do velikosti 4 mm, ojediněle byly zaznamenány větší póry a dutiny až 10 mm. Plášť vývrtu je hladký.
P2	100/Ø75	V betonu převažuje podíl HDK nad DTK. Vývrt též obsahuje ojedinělá zrna HTK. Max. velikost zrna HTK je 15 mm, max. velikost zrna HDK je 30 mm. Beton je hutný, na plášti vývrtu byly zaznamenány ojedinělé makropóry do velikosti 2 mm. Plášť vývrtu je hladký.
P3	90/Ø75	V betonu převažuje podíl HDK nad DTK. Vývrt též obsahuje ojedinělá zrna HTK. Max. velikost zrna HTK je 12 mm, max. velikost zrna HDK je 42 mm. Beton je hutný, na plášti vývrtu byly zaznamenány ojedinělé makropóry do velikosti 2 mm. Plášť vývrtu je hladký.
P4	110/Ø75	Beton obsahuje vyvážený podíl DTK a HDK, místy byly zaznamenány oblasti s převažujícím podílem DTK nad HDK. Vývrt dále obsahuje ojedinělá zrna HTK. Max. velikost zrna HTK je 16 mm, max. velikost zrna HDK je 30 mm. Beton je hutný, na plášti vývrtu byl zaznamenán větší počet makropórů do velikosti 5 mm. Plášť vývrtu je hladký.
P5	290/Ø95	Beton obsahuje vyvážený podíl DTK a HDK. Vývrt též obsahuje ojedinělá zrna HTK. Max. velikost zrna HTK je 20 mm, max. velikost zrna HDK je 32 mm. Beton je hutný, na plášti vývrtu byl zaznamenán větší počet makropórů do velikosti 5 mm. Plášť vývrtu je hladký.
P6	295/Ø95	Beton obsahuje vyvážený podíl DTK a HDK. Vývrt též obsahuje ojedinělá zrna HTK. Max. velikost zrna HTK je 18 mm, max. velikost zrna HDK je 42 mm. Beton je hutný až mírně pórovitý. Na plášti vývrtu byl zaznamenán větší počet makropórů do velikosti 6 mm, ojediněle byly zaznamenány větší póry a dutiny až 10 mm. Plášť vývrtu je hladký.

pokračování na následující straně

Tabulka 1: Popis vývrtů – pokračování z předchozí strany

Označení vývrtu	Délka / průměr [mm]	Popis struktury vývrtu
P7	140-200/Ø85	Beton obsahuje vyvážený podíl DTK a HDK. Vývrt též obsahuje ojedinělá zrna HTK. Max. velikost zrna HTK je 20 mm, max. velikost zrna HDK je 32 mm. Beton je hutný až mírně pórovitý, na plášti vývrtu byl zaznamenán větší počet makropórů do velikosti 6 mm. Plášť vývrtu je hladký.
P8	305/Ø95	Beton obsahuje vyvážený podíl DTK a HDK. Vývrt též obsahuje ojedinělá zrna HTK. Max. velikost zrna HTK je 25 mm, max. velikost zrna HDK je 30 mm. Beton je hutný, na plášti vývrtu byl zaznamenán větší počet makropórů do velikosti 7 mm. V hloubce vývrtu 85 mm byla zastižena výztuž – 1 prut. Plášť vývrtu je hladký.
P9	260/Ø85	Beton obsahuje vyvážený podíl DTK a HDK. Vývrt též obsahuje ojedinělá zrna HTK. Max. velikost zrna HTK je 22 mm, max. velikost zrna HDK je 35 mm. Beton je hutný až mírně pórovitý. Na plášti vývrtu byl zaznamenán větší počet makropórů do velikosti 6 mm, ojediněle byly zaznamenány větší póry a dutiny až 16 mm. Plášť vývrtu je hladký. V hloubce vývrtu 25-55 mm je trhlina šířky až 0,3 mm téměř po celém obvodu vývrtu.
P10	285/Ø95	Beton obsahuje vyvážený podíl DTK a HDK, místy byly zaznamenány oblasti s převážujícím podílem HDK nad DTK. Vývrt též obsahuje ojedinělá zrna HTK. Max. velikost zrna HTK je 27 mm, max. velikost zrna HDK je 42 mm. Beton je hutný, na plášti vývrtu byl zaznamenán větší počet makropórů do velikosti 3 mm. V hloubce vývrtu 30, 48, 230 mm byla zastižena výztuž – celkem 3 pruty. Plášť vývrtu je hladký.
P11	330/Ø95	Beton obsahuje vyvážený podíl DTK a HDK. Vývrt též obsahuje ojedinělá zrna HTK. Max. velikost zrna HTK je 16 mm, max. velikost zrna HDK je 30 mm. Beton je hutný, na plášti vývrtu byl zaznamenán větší počet makropórů do velikosti 5 mm, ojediněle byly zaznamenány větší póry a dutiny až 10 mm. Plášť vývrtu je hladký.
P12	260/Ø95	V betonu převažuje podíl DTK nad HDK, místy byly zaznamenány oblasti s vyváženým podílem HDK a DTK. Vývrt též obsahuje ojedinělá zrna HTK. Max. velikost zrna HTK je 12 mm, max. velikost zrna HDK je 30 mm. Beton je hutný až mírně pórovitý, na plášti vývrtu byl zaznamenán větší počet makropórů do velikosti 6 mm. Plášť vývrtu je hladký.

pokračování na následující straně

Tabulka 1: Popis vývrtů – pokračování z předchozí strany

Označení vývrtu	Délka / průměr [mm]	Popis struktury vývrtu
C1	120/Ø95	V betonu převažuje podíl HDK nad DTK. Vývrt též obsahuje ojedinělá zrna HTK. Max. velikost zrna HTK je 12 mm, max. velikost zrna HDK je 45 mm. Beton je hutný, na plášti vývrtu byl zaznamenán větší počet makropórů do velikosti 3 mm, ojediněle byly zaznamenány větší póry a dutiny až 10 mm. Plášť vývrtu je hladký.
C2	90/Ø95	V betonu převažuje podíl DTK nad HDK. Vývrt též obsahuje ojedinělá zrna HTK. Max. velikost zrna HTK je 16 mm, max. velikost zrna HDK je 37 mm. Beton je hutný, na plášti vývrtu byl zaznamenán větší počet makropórů do velikosti 3 mm. Plášť vývrtu je hladký.
C3	140/Ø145	Beton obsahuje vyvážený podíl DTK a HDK. Vývrt též obsahuje ojedinělá zrna HTK. Max. velikost zrna HTK je 18 mm, max. velikost zrna HDK je 30 mm. Beton je hutný až mírně pórovitý, na plášti vývrtu byl zaznamenán větší počet makropórů do velikosti 7 mm. Plášť vývrtu je hladký. Na čele vývrtu je trhlina šířky 0,1 mm, která pokračuje až do hloubky vývrtu 100 mm.
C4	250/Ø95	Beton obsahuje vyvážený podíl DTK a HDK, místy byly zaznamenány oblasti s převažujícím podílem HDK nad DTK. Vývrt též obsahuje ojedinělá zrna HTK. Max. velikost zrna HTK je 12 mm, max. velikost zrna HDK je 40 mm. Beton je hutný, na plášti vývrtu byl zaznamenán větší počet makropórů do velikosti 4 mm. V hloubce vývrtu 245 mm (na zlomu) byla zastižena výztuž – 1 prut. Plášť vývrtu je hladký.
C5	290/Ø95	Beton obsahuje vyvážený podíl DTK a HDK, místy byly zaznamenány oblasti s převažujícím podílem HDK nad DTK. Vývrt též obsahuje ojedinělá zrna HTK. Max. velikost zrna HTK je 16 mm, max. velikost zrna HDK je 35 mm. Beton je hutný, na plášti vývrtu byl zaznamenán větší počet makropórů do velikosti 5 mm. V hloubce vývrtu 112 a 114 mm byla zastižena výztuž – celkem 2 pruty. Plášť vývrtu je hladký.
C6	170/Ø145	V betonu převažuje podíl DTK nad HDK, místy byly zaznamenány oblasti s vyváženým podílem HDK a DTK. Vývrt též obsahuje ojedinělá zrna HTK. Max. velikost zrna HTK je 13 mm, max. velikost zrna HDK je 37 mm. Beton je hutný až mírně pórovitý, na plášti vývrtu byl zaznamenán větší počet makropórů do velikosti 5 mm. Na čele vývrtu jsou dutiny velikosti až 10 mm. Plášť vývrtu je hladký.

Zkratky: DTK – drobné těžené kamenivo, HK – hrubé kamenivo, HTK – hrubé těžené kamenivo, HDK – hrubé drcené kamenivo

Tabulka 2: Poloha odebraných vzorků

Označení vývrtu	Místo odběru vývrtu
P1	pole 2 vpravo, polovina rozpětí, polovina výšky nosníku
P2	pole 1 vpravo, polovina rozpětí, polovina výšky nosníku
P3	pole 1 vlevo, polovina rozpětí, polovina výšky nosníku
P4	pole 2 vlevo, polovina rozpětí, polovina výšky nosníku
P5	opěra 3, dřík 4 m od levého boku, 1.3 m nad terénem
P6	opěra 3, dřík 4 m od pravého boku, 1.1 m nad terénem
P7	levá stojka, mezi stálými zařízeními zleva, 1.1 m nad terénem
P8	střední stojka, nad stálými zařízeními zleva, 1.8 m nad terénem
P9	stativo nad levou stojkou, polovina výšky, směrem do pole 1
P10	stativo nad střední stojkou, polovina výšky, směrem do pole 1
P11	opěra 1, polovina šířky, 1.1 m nad terénem
P12	opěra 1, 2.5 m od pravé hrany, 1.5 m nad terénem
C1	pole 2 vpravo, polovina výšky nosníku, polovina rozpětí
C2	pole 1 vpravo, polovina výšky nosníku, polovina rozpětí
C3	opěra 2, 4.5 m od levé hrany, 1.3 m nad terénem
C4	stativo nad pravou stojkou směrem do pole 1, 1/3 výšky
C5	pravá stojka zleva, 1.7 m nad terénem
C6	opěra 1, 2.5 m od levé hrany, 1.7 m nad terénem

Fotodokumentace jádrových vývrtů:



Foto 1: Pohled na vývrty P1 a P2



Foto 2: Pohled na vývrty P3 a P4



Foto 3: Pohled na vývrty P5 a P6



Foto 4: Pohled na vývrty P7 a P8



Foto 5: Pohled na vývrty P9 a P10



Foto 6: Pohled na vývrty P11 a P12



Foto 7: Pohled na vývrty C1 a C2



Foto 8: Pohled na vývrty C4 a C5



Foto 9: Pohled na vývrty C3 a C6

3.2 STANOVENÍ PEVNOSTI BETONU V TLAKU

Provedení zkoušky	:	11. 8. 2022
Značení vzorků	:	viz Tabulka 1 až 3
Identifikace vzorků	:	zkoušeny byly vývrty o $\varnothing$ cca 75, 85 a 95 mm, výsledky zkoušek jsou uvedeny v Tabulce 3
Úprava vzorků	:	zaříznuty diamantovým kotoučem a zabroušeny
Zatěžovací stroj	:	WPM 1000 kN, metrologické číslo S 12 012 M
Prostředí zkoušky	:	teplota 22 °C, vlhkost 48 %
Provedl	:	Ing. Tomáš Mandlík

Pro účely destruktivních zkoušek pevnosti betonu v tlaku byly z konstrukcí odebrány jádrové vývrty $\varnothing$ cca 75, 85 a 95 mm. V laboratoři byly vývrty zaříznuty a tlačné plochy byly zabroušeny ve stacionární laboratorní brusce Form+Test. Takto připravené zkušební vzorky byly uloženy v laboratorním prostředí do doby dosažení ustáleného vlhkostního stavu. Poté byly změřeny a zváženy, aby bylo možno stanovit objemovou hmotnost betonu [3]. Zkušební vzorky byly podrobeny zkoušce v tlaku v zatěžovacím stroji WPM 1000 kN, metrologické č. S 12 012 M. Odběry jádrových vývrtů a zkoušky vzorků byly provedeny dle ČSN EN 12504-1 [1] a ČSN EN 12390-3 [2].

Pevnosti betonu $f_{c, core}$ zjištěné na vývrtech je nutné převést na válcové pevnosti $f_{c, cyl}$, které odpovídají pevnostem betonu na válci základních rozměrů, tj. válci $\varnothing$ 150 mm se štíhlostním poměrem $\lambda = 2$ dle vztahu:

$$f_{c, cyl} = f_{c, core} \cdot \kappa_{\lambda} \cdot \kappa_d$$

κ_{λ} opravný součinitel štíhlosti dle ČSN EN 12390-3, Z1 [4] v závislosti na štíhlostním poměru $\lambda = h / d$ (h je výška vývrtu a d je $\varnothing$ vývrtu); pro $1 \leq \lambda < 2$,

κ_d převodní součinitel závislý na průměru vývrtu; stanoven experimentálně dle diagramu vypracovaného v KÚ ČVUT [9] a interpretován v TKP 18 [8].

Při provádění zkoušek vývrtů je nutné sledovat i způsob porušení vzorků, tj. aby skutečně došlo k porušení tlakem a nikoli smykem či příčným tahem. Nesprávně porušená tělesa vykazují obvykle velmi nízké pevnosti a takové výsledky se vyřazují z vyhodnocení.

Tabulka 3: Objemová hmotnost a pevnost betonu v tlaku na vývrtech

Most ev. číslo: 193-020, Stříbro											
Vývrt	Ozn. zk. vzorku	Průměr vzorku	Výška vzorku	Hmotnost	Objem. hmot.	Max. tlak. síla F	Pevnost betonu na vývrtu $f_{c, core}$	Štíhl. poměr λ	Opravný součinitel (štíhlost) κ_c, cyl	Převodní součinitel (průměr) κ_d, cyl	Válcová pevnost betonu $f_{c, cyl}$
		[mm]	[mm]								
P1	P1-B	74,2	75,1	829	2550	179,0	41,4	1,011	0,854	0,929	32,9
P2	P2-B	74,2	70,6	783	2570	297,0	68,8	0,951	0,826	0,929	52,8
P3	P3-B	74,2	67,3	749	2580	408,0	94,4	0,906	0,800	0,929	70,2
P4	P4-B	74,2	75,3	791	2430	180,0	41,6	1,015	0,855	0,929	33,1
P5	P5-B	93,5	94,7	1503	2310	150,0	21,8	1,012	0,855	0,945	17,6
P6	P6-B	93,4	95,5	1530	2340	208,0	30,4	1,022	0,858	0,945	24,6
P7	P7-B	84,3	85,2	1130	2380	172,0	30,8	1,010	0,854	0,937	24,7
P8	P8-B	93,7	95,2	1551	2360	224,0	32,5	1,016	0,856	0,945	26,3
P9	P9-B	84,2	84,6	1085	2300	153,0	27,5	1,004	0,852	0,937	21,9
P10	P10-B	94,2	95,8	1639	2460	272,0	39,0	1,016	0,856	0,945	31,6
P11	P11-B	93,7	95,6	1508	2290	225,0	32,7	1,020	0,857	0,945	26,5
P12	P12-B	93,5	95,3	1371	2090	157,0	22,9	1,019	0,857	0,945	18,5

Nejistota měření:

Rozšířená nejistota měření pevnosti v tlaku je 2,0 MPa. Rozšířená nejistota měření objemové hmotnosti je 20 kg/m³. Standardní nejistota odpovídá jedné směrodatné odchylce a byla vypočtena jako kombinovaná. Uvedená nejistota je rozšířená nejistota, která byla vypočtena s použitím koeficientu rozšíření k=2, což odpovídá hladině spolehlivosti přibližně 95 %.

Legenda k tabulce:

Zkušební vzorek nesplňuje požadavek ČSN EN 12504-1 na poměr velikosti max. zna kameniva k průměru vývrtu (max. 1 : 3).

3.3 STANOVENÍ OBJEMOVÉ HMOTNOSTI A NASÁKAVOSTI

Datum zkoušky : 4. 8. 2022 – 16. 8. 2022
 Zkoušku provedl : Ing. Tomáš Mandlík
 Zkušební vzorky : odřezky jádrových vývrtů o Ø cca 75, 85 a 95 mm
 Prostředí zkoušky : teplota 22 °C, vlhkost 55 %
 Zatěžovací stroj : sušárna HS 202, metrologické číslo P 10 017 T;
 váhy KERN 101 kg, metrologické číslo P 04 005 M

Výpočet nasákavosti byl proveden dle vztahu:

$$N_i = \frac{m_n - m_s}{m_s} * 100 \quad [\%]$$

kde: m_n je hmotnost vzorku nasáklého vodou do ustálené hmotnosti v g,
 m_s je hmotnost vysušeného vzorku v g.

Tabulka 4: Stanovení objemové hmotnosti a nasákavosti

Most ev. číslo: 193-020, Stříbro						
Vývrt	Označení vzorku	Hmotnost nasyceného vzorku	Hmotnost hydrostaticky váženého vzorku	Hmotnost vysušeného vzorku	Objemová hmotnost z hydrostatického vážení	Nasákavost
		[g]	[g]	[g]	[kg.m ⁻³]	[%]
P1	P1-A	350	216	335	2600	4,4
P2	P2-A	225	137	213	2550	5,8
P3	P3-A	164	101	159	2600	3,3
P4	P4-A	324	190	305	2410	6,2
P5	P5-A	864	492	796	2320	8,5
P6	P6-A	1127	666	1058	2440	6,5
P7	P7-A	590	351	558	2460	5,8
P8	P8-A	1109	650	1032	2410	7,5
P9	P9-A	849	494	786	2390	8,1
P10	P10-A	754	453	705	2500	7,0
P11	P11-A	1495	860	1389	2350	7,6
P12	P12-A	1080	596	976	2230	10,7

Nejistota měření:

Rozšířená nejistota měření nasákavosti je 1,0 %. Rozšířená nejistota měření objemové hmotnosti je 20 kg/m³. Standardní nejistota odpovídá jedné směrodatné odchylce a byla vypočtena jako kombinovaná. Uvedená nejistota je rozšířená nejistota, která byla vypočtena s použitím koeficientu rozšíření k=2, což odpovídá hladině spolehlivosti přibližně 95 %.

3.4 STANOVENÍ ODOLNOSTI PROTI CH.R.L. – metoda A

Datum zkoušky	:	5. 8. 2022 – 23. 8. 2022
Zkoušku provedl	:	Ing. Tomáš Mandlík
Zkušební vzorky	:	jádrové vývrtky o Ø cca 95 mm čelní plochy před a po zkoušce viz Foto 10 až 17
Zkušební roztok	:	3% roztok NaCl
Zatěžovací cyklus	:	ČSN 73 1326 - metoda A
Zatěžovací stroj	:	zmrazovací komora EKOFRÖST KD 20.5, metrologické číslo P 10 031 M

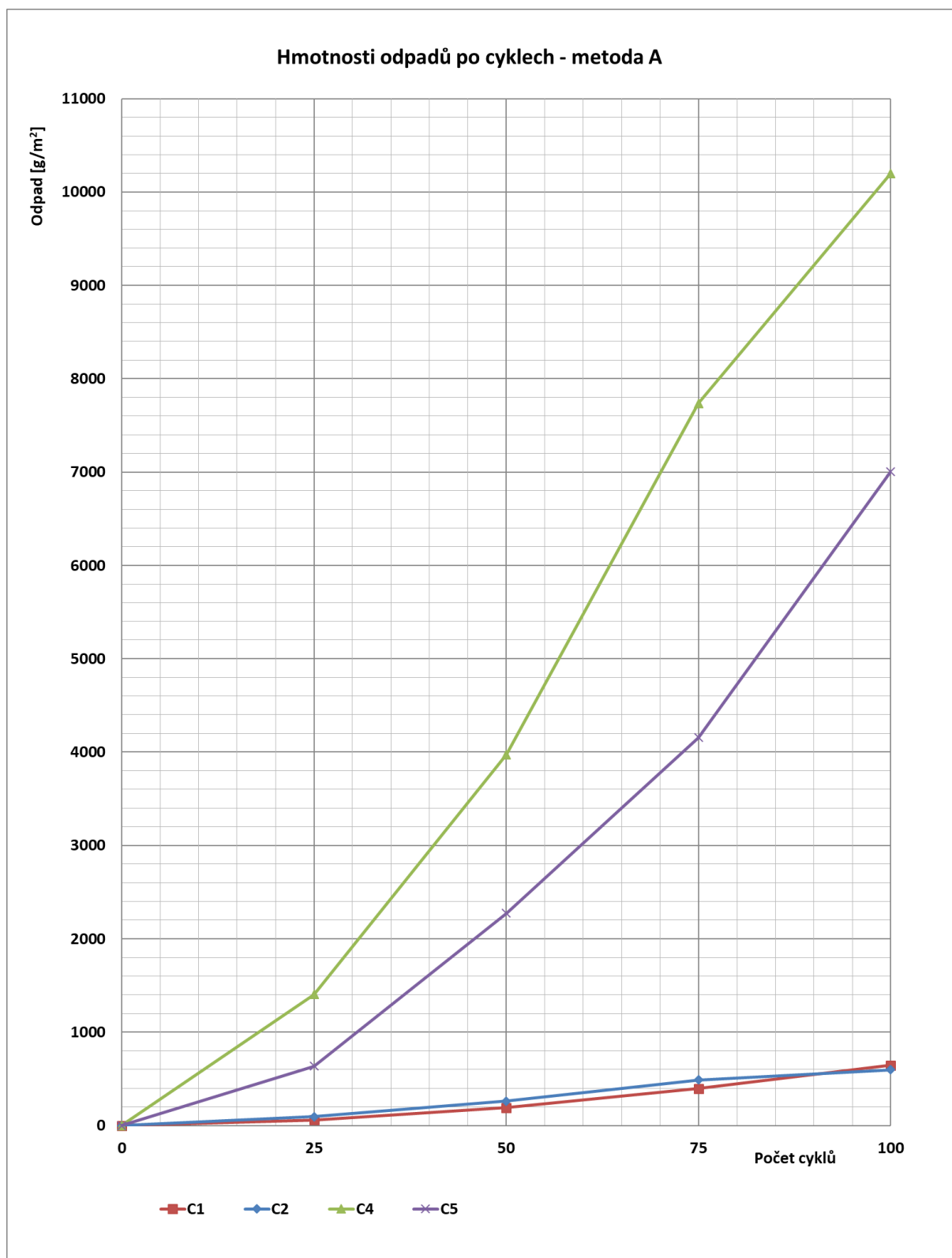
Tabulka 5: Rozměry zkušebních těles a výsledky naměřených odpadů

Most ev. číslo: 193-020, Stříbro										
Vzorek	Průměr vzorku [mm]	Výška vzorku [mm]	Zatěžovaná plocha [mm ²]	Hmotnost [g]	Objemová hmotnost [kg/m ³]	Povrchová nasákavost [g/m ²]	Suma odpadů po cyklech v g/m ²			
							25	50	75	100
C1	93,7	62,8	8359	1069	2470	60	60	191	395	646
C2	93,8	61,6	8384	1082	2540	60	95	262	489	596
C4	94,4	68,3	8482	1180	2470	342	1403	3973	7734	10198
C5	93,6	71,0	8351	1165	2380	371	635	2275	4155	7005

Nejistota měření:

Rozšířená nejistota měření odpadů je 10 g/m². Rozšířená nejistota měření objemové hmotnosti je 20 kg/m³. Standardní nejistota odpovídá jedné směrodatné odchylce a byla vypočtena jako kombinovaná. Uvedená nejistota je rozšířená nejistota, která byla vypočtena s použitím koeficientu rozšíření k=2, což odpovídá hladině spolehlivosti přibližně 95 %.

Pozn.: Po 100 zatěžovacích cyklech byl zaznamenán počátek rozpadu pláště vzorků C4 a C5 (viz fotodokumentace dále).



Graf 1: Průběh odpadů po cyklech CH.R.L. - metoda A

Fotodokumentace vzorků před a po zkoušce:

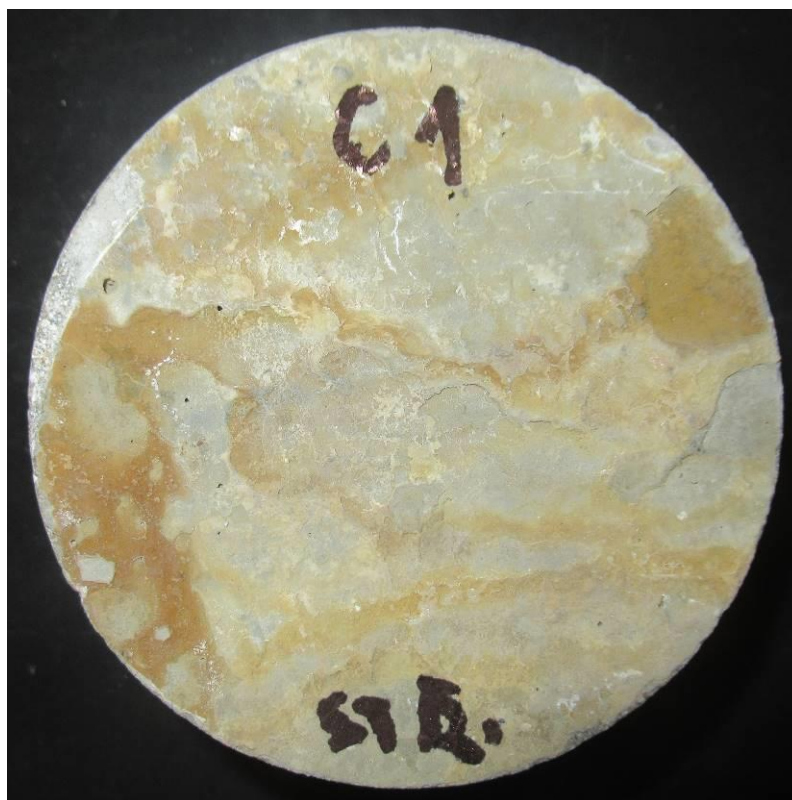


Foto 10: Líc vývrtnu C1 před zkouškou



Foto 11: Líc vzorku C1 po zkoušce – 100 cyklů
celkový odpad 646 g/m²



Foto 12: Líc vývrtu C2 před zkouškou



Foto 13: Líc vzorku C2 po zkoušce – 100 cyklů
celkový odpad 596 g/m²

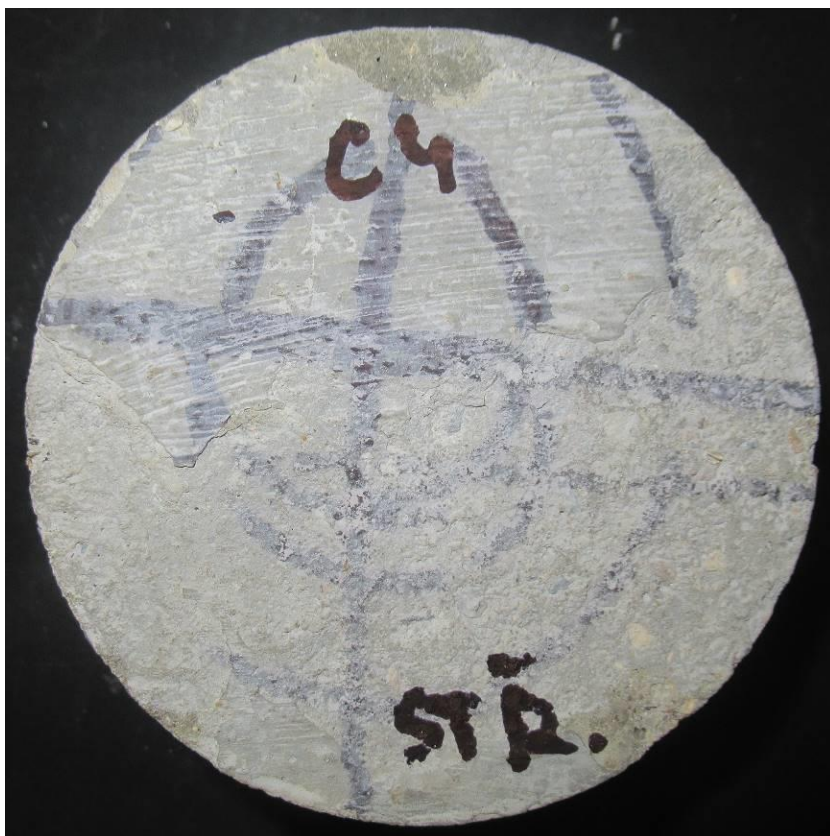


Foto 14: Líc vývrtu C4 před zkouškou



Foto 15: Líc (vlevo) a pohled na vzorek (vpravo) C4 po zkoušce – 100 cyklů
celkový odpad 10198 g/m²
Zaznamenán celkový rozpad čela a počátek rozpadu vzorku



Foto 16: Líc vývrtu C5 před zkouškou

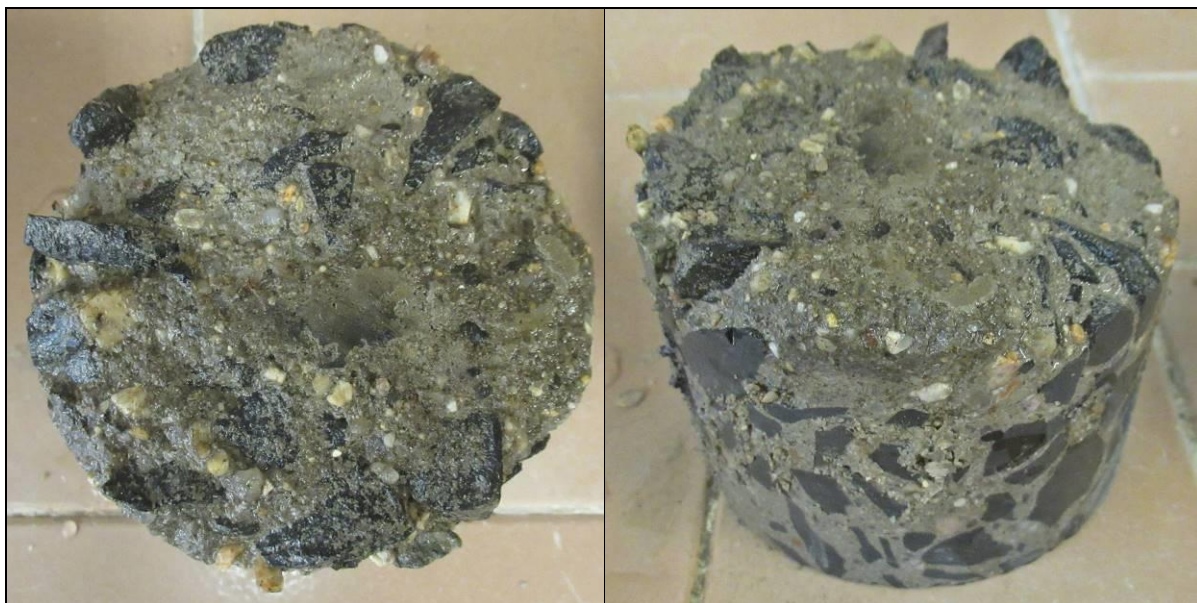


Foto 17: Líc (vlevo) a pohled na vzorek (vpravo) C5 po zkoušce – 100 cyklů
celkový odpad 7005 g/m²
Zaznamenán celkový rozpad čela a počátek rozpadu vzorku

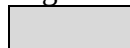
3.5 STANOVENÍ ODOLNOSTI PROTI CH.R.L. – metoda C

Datum zkoušky	:	7. 8. 2022 – 5. 9. 2022
Zkoušku provedl	:	Ing. Tomáš Mandlík
Zkušební vzorky	:	jádrové vývrty o $\varnothing$ cca 145 mm čelní plochy před a po zkoušce viz Foto 18 až 21
Zkušební roztok	:	3% roztok NaCl
Zatěžovací cyklus	:	ČSN 73 1326 - metoda C
Zatěžovací stroj	:	zmrazovací komora EKO FROST KD 20.5, metrologické číslo P 10 010 M

Tabulka 5: Rozměry zkušebních těles a výsledky naměřených odpadů

Most ev. číslo: 193-020, Stříbro									
Vzorek	Průměr vzorku [mm]	Výška vzorku [mm]	Plocha vzorku [mm ²]	Hmotnost [g]	Objemová hmotnost [kg/m ³]	Povrchová nasákavost [g/m ²]	Suma odpadů po cyklech [g/m ²]		
							25	50	75
C3	143,0	66,7	16049	2349	2200	1047	1726	3246	5838
C6	143,2	71,5	16106	2578	2240	112	199	540	987

Legenda k tabulce:

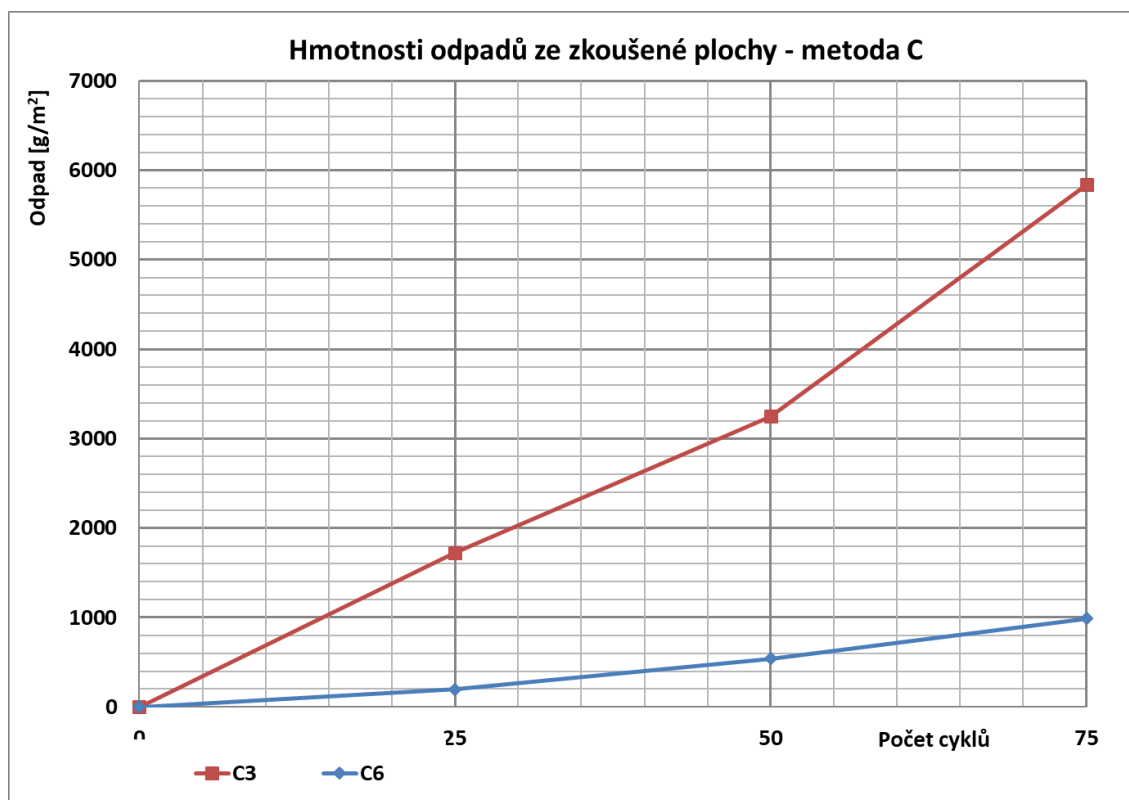


Ve zkušebním vzorku byla před zkouškou zachycena trhlinka (viz Popis vývrťů a fotodokumentace).

Nejistota měření:Rozšířená nejistota měření odpadů je 10 g/m². Rozšířená nejistota měření objemové hmotnosti je 20 kg/m³.

Standardní nejistota odpovídá jedné směrodatné odchylce a byla vypočtena jako kombinovaná. Uvedená nejistota je rozšířená nejistota, která byla vypočtena s použitím koeficientu rozšíření k=2, což odpovídá hladině spolehlivosti přibližně 95 %.

Pozn.: Po 75 zatěžovacích cyklech byl zaznamenán celkový rozpad rubu a líce vzorku C3.
U vzorku C6 byl zaznamenán pouze částečný rozpad čela (viz fotodokumentace dále).

**Graf 2: Průběh odpadů po cyklech CH.R.L. - metoda C**

Fotodokumentace vzorků před a po zkoušce:



Foto 18: Líc vývrtnu C3 před zkouškou



Foto 19: Líc (vlevo) a rub (vpravo) vzorku C3 po zkoušce – 75 cyklů
celkový odpad 5838 g/m²

Zaznamenán celkový rozpad rubové i lící plochy

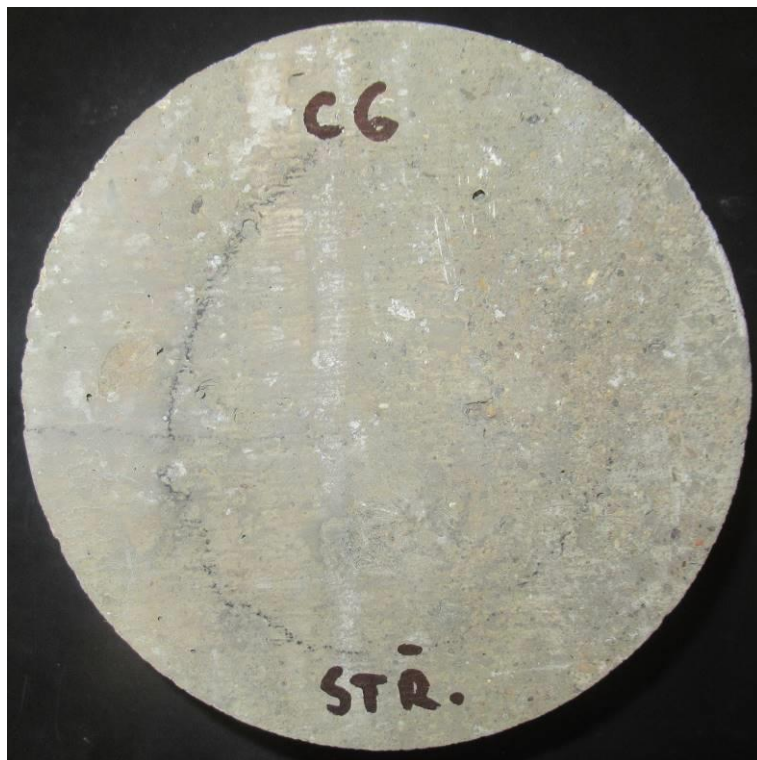


Foto 20: Líc vývrtu C6 před zkouškou



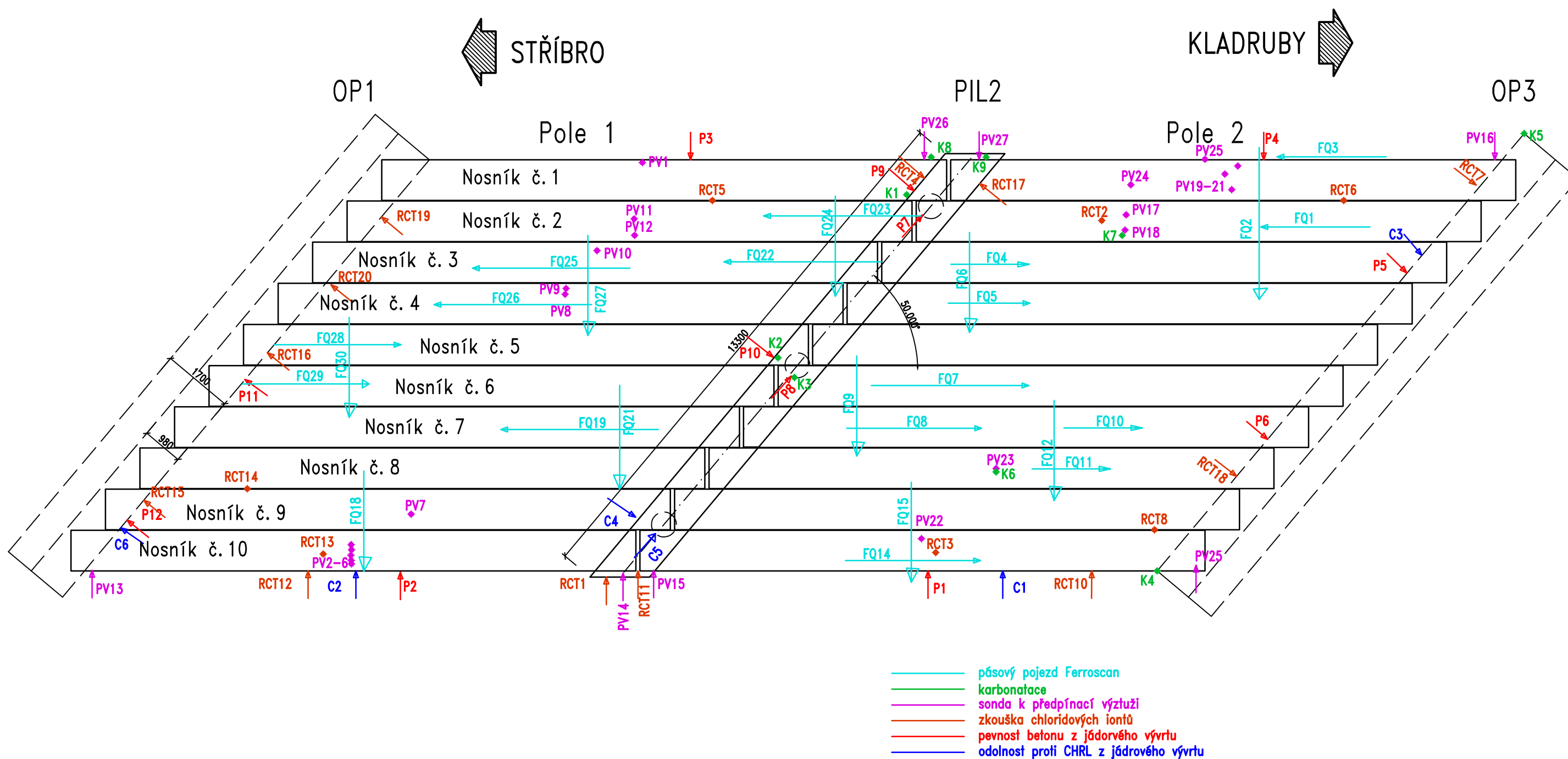
Foto 21: Líc vzorku C6 po zkoušce – 75 cyklů
celkový odpad 987 g/m²
Zaznamenán částečný rozpad lící plochy vzorku

Závěry uvedené v této zprávě byly formulovány na základě výsledků analýz vzorků odebraných objednatelem a jím dodaných do laboratoří KÚ ČVUT.

Zpracovatel si vyhrazuje právo na korekce a doplnění závěrů, pokud budou zjištěny další podstatné skutečnosti, které nebyly při zpracování této zprávy známy nebo k dispozici.

7.2 SCHÉMA ZKUŠEBNÍCH MÍST

SCHÉMA ZKUŠEBNÍCH MÍST – PŮDORYS



7.3 STATICÝ VÝPOČET ZATÍŽITELNOSTI

OBSAH

1	Úvod	3
2	Podklady, normy, literatura, programy	3
2.1	Podklady	3
2.2	Normy	3
2.3	Programy	4
3	Přehledný výkres - příčný řez mostem	5
4	Předpoklady výpočtu	6
4.1	Model mostu	6
4.2	Ztráty předpětí	6
4.3	Postup podrobného výpočtu	7
4.4	Provedené posudky	7
4.5	Zatížení	7
4.5.1	Uvažované zatěžovací stavy	7
4.5.2	Zatížení teplotou	7
4.5.3	Zatížení vlastní tíhou, ostatním stálým zatížením a další - výpočet	7
4.5.4	Zatížení dopravou – sestavy pro stanovení zatížitelnosti	10
4.6	Uvažované dynamické účinky zatížení dopravou při stanovení zatížitelnosti	14
4.7	Oslabení průřezů vlivem degradace	14
4.8	Materiály	15
4.8.1	Beton, betonářská výztuž	15
4.8.2	Předpínací výztuž	16
4.8.3	Průřezové charakteristiky prutů	17
4.9	Průřezové charakteristiky prutů	17
5	Statický výpočet zatížitelnosti	17
5.1	Výpočetní model	17
5.2	Únosnost průřezů NK podle požadavků MSP	21
5.3	Únosnost průřezů NK podle požadavků MSP - oslabený průřez	22
5.4	Únosnost průřezů NK podle požadavků MSÚ	23
5.5	Únosnost průřezů NK podle požadavků MSÚ - oslabený průřez	25
5.6	Výsledné vnitřní síly a výpočet zatížitelnosti NK	27
5.7	Výsledné vnitřní síly a výpočet zatížitelnosti NK - oslabený průřez	29
5.8	Únosnost prvků pilíře	31
5.9	Posudek stativa - bez oslabení	32
5.10	Posudek stativa - s oslabením	33
5.11	Interakční diagram stojky stanovený programem Idea Statica - bez oslabení	34

5.12	Interakční diagram stojky stanovený programem Idea Statica - s oslabením	43
5.13	Stanovení zatížitelnosti krajní stojky - bez oslabení	50
5.14	Stanovení zatížitelnosti krajní stojky - s oslabením	51
5.15	Stanovení zatížitelnosti střední stojky - bez oslabení	52
5.16	Stanovení zatížitelnosti střední stojky - s oslabením	53
6	Výsledné shrnutí vypočtených zatížitelností	54
7	Závěr	55
8	Přílohy	55

1 ÚVOD

Předmětem je statický výpočet zatížitelnosti silničního mostu ev. č. 193-020. Most překonává říčku Úhlavku.

Jako podklad pro vyhotovení sloužily údaje z mostní evidence, typový podklad, diagnostický průzkum a archivní dokumentace (viz kapitola [2]).

Popis konstrukce a půdorysné schéma viz diagnostický průzkum.

2 PODKLADY, NORMY, LITERATURA, PROGRAMY

2.1 PODKLADY

- [1] původní archivní dokumentace: Přestavba mostu přes Úhlavku na silnici II. tř. č. 193 u Stříbra, Dopravoprojekt, 1962,
- [2] TP 200 – Stanovení zatížitelnosti mostů pozemních komunikací navržených podle norem a předpisů platných před účinností EN,
- [3] Prefabrikované cestné mosty svetlosti 9–12–15–18 m montované z predpatých nosníkov KA-61 – úplný typový podklad – Časť A, Štátný ústav pre projektovanie dopravných stavieb – Dopravoprojekt – Bratislava, 12/1961
- [4] údaje z mostní evidence BMS, dostupné z bms.clevera.cz.

2.2 NORMY

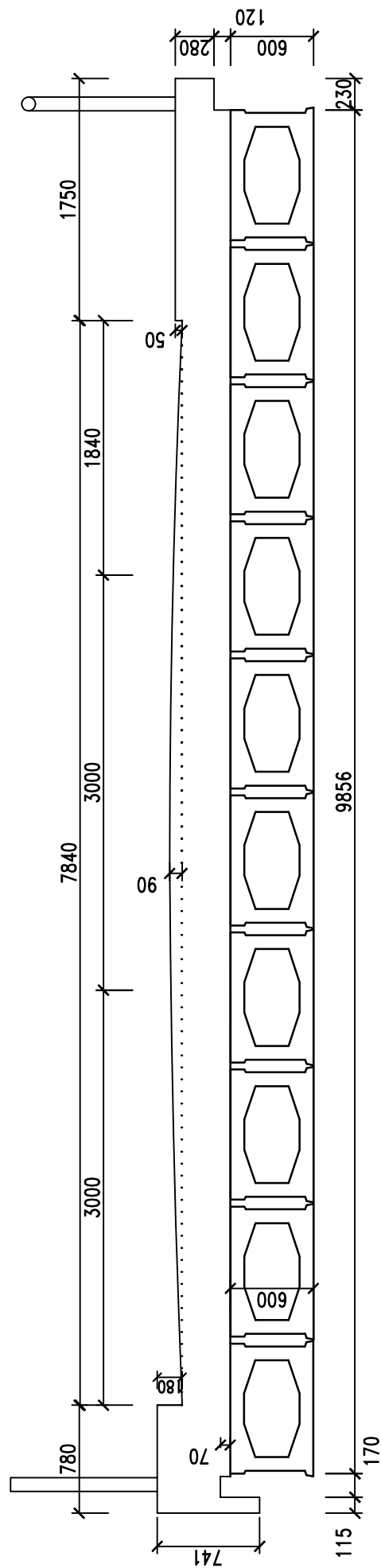
- [A] ČSN EN 1990 – Zásady navrhování konstrukcí
- [B] ČSN EN 1991-1-1 – Zatížení konstrukcí
Část 1-1: Obecná zatížení – Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení
- [C] ČSN EN 1991-2 – Zatížení konstrukcí
Část 2 – změna Z4 (11/2015): Zatížení mostů dopravou
- [D] ČSN EN 1992-1-1 – Navrhování betonových konstrukcí
Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby
- [E] ČSN EN 1992-2 – Navrhování betonových konstrukcí
Část 2: Betonové mosty – Navrhování a konstrukční zásady
- [F] ČSN 73 6220 – Evidence mostních objektů pozemních komunikací, 3/2011
- [G] ČSN 73 6222 – Zatížitelnost mostů pozemních komunikací, 7/2013 + změna Z1 07/2015

2.3 PROGRAMY

- [a] **Midas Civil** v. 2018, © MIDAS Information Technology Co., Ltd.
- [b] **ConT_EXt** – software for typesetting high-quality documents (nástroj pro sázení dokumentů)
- [c] **Excel** – tabulkový editor, © Microsoft
- [d] **BricsCAD** 2018 Bricsys NV
- [e] **GNU Octave** – Scientific Programming Language (programovací jazyk)
- [f] **IDEA StatiCa RCS**, IDEA RS, s. r. o.

3 PŘEHLEDNÝ VÝKRES - PŘÍČNÝ ŘEZ MOSTEM

PŘÍČNÝ ŘEZ



4 PŘEDPOKLADY VÝPOČTU

Ověření založení a opěr nebylo provedeno, nerozhoduje o zatížitelnosti. Byla posouzena nosná konstrukce, stativo a stojka pilíře. Předkládá se provedení nosníků podle typového podkladu, jeho předpoklady byly v rámci průzkumu ověřeny (jedná se o nosníky KA61 s kabelem uprostřed šířky, byly užity předpínací dráty $\varnothing 4.5$ mm). Přiřazení materiálu předpínací a betonářské výztuže proběhlo podle TP 200. Ke zjištění kvality materiálu se pro beton považuje za klíčový diagnostický průzkum. U NK se posuzuje pouze průřez v polovině rozpětí. Beton vyrovnávací desky na nosnících se neuvažuje do přenášení zatížení, protože není spřažená s nosníky.

Dokumentace, která byla k dispozici [1] obsahuje armovací plán střední stojky, jeho obsah byl pro stanovení zatížitelnosti pilíře použit.

Posudek konstrukce se provádí na konci životnosti, tedy 100 let od uvedení do provozu, kdy dojde k maximálním ztrátám předpětí jak z hlediska dotvarování betonu, tak relaxací předpínací výztuže. Vzhledem k tvaru funkcí relaxačních a dotvarovacích, kdy k většině ztrát již v současném stáří konstrukce došlo, se dá předpokládat, že současná zatížitelnost je větší, ale zanedbatelně.

Ve výpočtu bylo přistoupeno k redukci ohybového momentu na stativu, nad střední stojkou. Způsob provedení redukce je pouze s ohledem na tloušťku podpěry podle článku 5.3.2.2 EN 1992-2.

Pro snížení momentu v poli stativa byl průřez uvažován jako oslabený trhlinou, výška průřezu byla snížena z 0.7 m na 0.5 m.

Výpočet zatížitelnosti je proveden ve variantě bez oslabení a ve variantě se zmíněným zjištěným oslabením plochy předpínací a betonářské výztuže. Předpoklady výpočtu týkající se degradace a závad konstrukce viz kapitola 4.7.

4.1 MODEL MOSTU

Konstrukce mostu byla modelována v programu Midas.

Byl sestaven 2D model mostovky tvořený roštovými prvky podélnými a příčnými. Průřezové charakteristiky podélných prutů odpovídají jednotlivým prefabrikovaným nosníkům, charakteristiky příčných prutů jsou dopočítány tak, aby příčné roznášení stanovené na modelu odpovídalo reálné konstrukci. Tento popsání model se uložil na stativo spodní stavby pro získání vnitřních sil stativa. Pohledy na model viz kapitola 5.1.

4.2 ZTRÁTY PŘEDPĚTÍ

Ztráty předpětí byly analyzovány výpočetním programem Scia s odhadnutými fázemi výstavby a provozu (TDA time diskretization analysis) na obdobných konstrukcích.

Uvažovaly se ztráty předpětí:

- Součinitel tření v oblouku 0.24 [-],
- nezamýšlená změna směru kabelu na jednotku délky 0.001 [-/m],
- pokluz v kotvě 6 [mm],
- postupné napínání dle typového podkladu,
- reologické modely betonu dle softwaru,
- třída relaxace předpínací výztuže 1 (patentované dráty), další vlastnosti viz kap 4.8.2.

Stanovené průměrné celkové ztráty předpětí v rozhodujícím průřezu v polovině rozpětí jsou cca 34.9 %.

4.3 POSTUP PODROBNÉHO VÝPOČTU

Postup podrobného výpočtu v polovině rozpětí a u ohybu stativa byl takový, že byla stanovena momentová únosnost průřezů, resp. část momentu M_{Live} , která může být vyvozena účinky proměnného (referenčního) zatížení. Zatížitelnost byla určena tak, aby referenční zatížení vyrovnalo M_{Live} . Výpočet M_{Live} (s vyhodnocením zatížitelnosti) byl proveden postupně pro MSÚ a pro MSP – charakteristickou a častou kombinaci.

U stojek byl použit interakční diagram M+N (železobetonový průřez). K sestavení interakčního diagramu stojky byl užít program Idea, výpočet a další předpoklady výpočtu viz kapitola 5.11. Vnitřní síly pro zatížení stojky jsou převzaty z modelu.

4.4 PROVEDENÉ POSUDKY

V charakteristické kombinaci je posouzeno napětí v betonu, jež má být menší nebo rovno $0.6 f_{ck}$.

Je nutné posoudit šířku trhlin při časté kombinaci zatížení. Kategorie konstrukce je D. Normou je při životnosti cca 10 let přípustná šířka trhliny v předpjatých nosnících 0.2 mm. Zatížitelnost je v tomto případě konzervativně stanovena z požadavku dekomprese. Dekomprese označuje, že v dané kombinaci musí být celý průřez tlačný, protože předpínací výztuž se nachází blíže než 100 mm od povrchu.

Z hlediska MSÚ je posouzen ohyb podle kombinace 6.10a a 6.10b.

4.5 ZATÍŽENÍ

4.5.1 UVAŽOVANÉ ZATĚŽOVACÍ STAVY

- g_0 – Vlastní tíha nosníků, dobetonávky mezi nosníky, stativa, stojek,
- g – Ostatní stálé zatížení – vlastní tíha mostního svršku (římsy, vozovka...),
- V_n – Charakteristická normová sestava zatížení pro stanovení normální zatížitelnosti V_n ,
- V_r – Šestinápravové vozidlo pro stanovení výhradní zatížitelnosti V_r ,
- V_e – Devitinápravové vozidlo pro stanovení výjimečné zatížitelnosti V_e ,
- $temp$ – nelineární průběh ochlazení,
- třecí síly v ložiskách při ochlazení (uvažované hodnotou 4 ‰),
- brzdna V_n – brzdné síly pro stanovení normální zatížitelnosti,
- brzdna V_r – brzdné síly pro stanovení výhradní zatížitelnosti.

4.5.2 ZATÍŽENÍ TEPLOTOU

Bylo uvažováno zatížení nelineárním průběhem teploty nosné konstrukce. Je uváženo pouze ochlazení konstrukce, protože vyvolává tahy v dolních vláknech – toto zatížení snižuje absolutní hodnotu ohybového momentu, jímž je možné zatížit konstrukci pro stav dekomprese (nebo vyčerpání přípustného tahového napětí) v časté kombinaci. Uvažovaný průběh teploty viz následující strana.

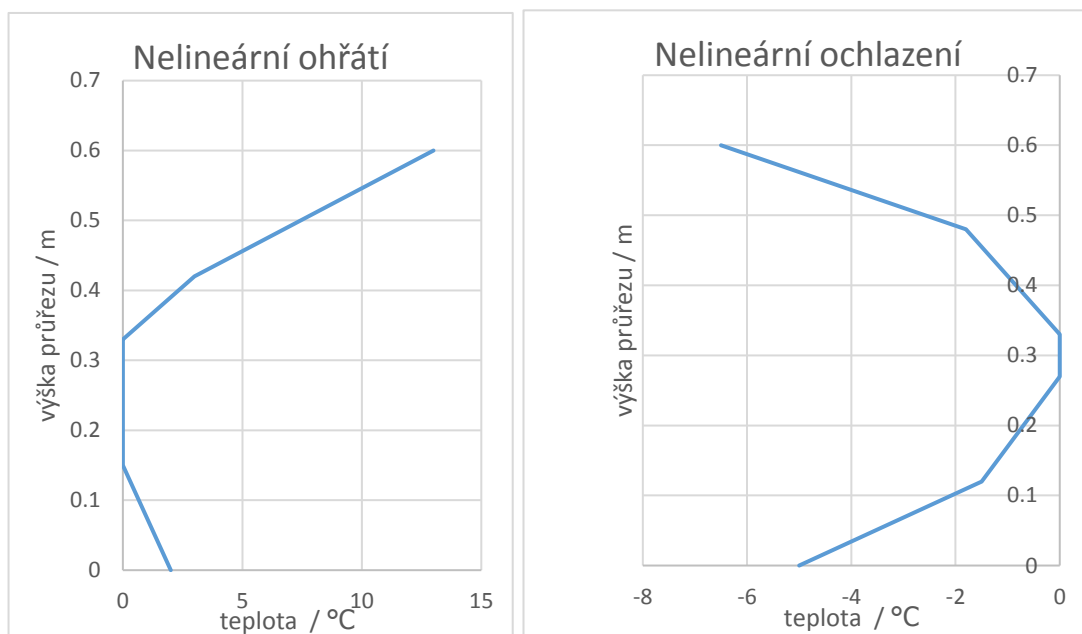
4.5.3 ZATÍŽENÍ VLASTNÍ TÍHOU, OSTATNÍM STÁLÝM ZATÍŽENÍM A DALŠÍ - VÝPOČET

Zatížení vlastní tíhou nosníků bylo vypočteno programem Midas automaticky.

Výpočet ostatních stálých zatížení

plocha leve rimsy	0.426 m ²
plocha prave rimsy	0.673 m ²
pocet zabradli nebo svodidel	2 -
tloušťka vozovky a betonové desky	0.41 m
zatížení ostatním stálým celkem	102.87 kN/m
zatížení ostatním stálým na 1 nosník	10.29 kN/m
plocha spary mezi nosníky	0.046 m ²
zatížení sparou mezi nosníky	1.15 kN/m

zábradlí nebo svodidlo	1 kN/m
tíha vozovkových vrstev	23 kN/m ³
tíha betonu	25 kN/m ³

Zatížení nelineární změnou teploty

teoretické rozpětí konstrukce:

13.000 m

PROMĚNNÉ ZATÍŽENÍ

Počet zatěžovacích pruhů

celkem: 2 m
zbývající šířka: 1.840 m

	Vn	Vr6n	r2,3	Ve	
Šířka kola v příčném směru:	0.4	1.2	0.4	1.2	m
Šířka kola v podélném směru:	0.2	0.15	0.2	0.15	m

Brzdné síly

Normální zatížitelnost 32 t

délka L = 12 m

 $V_{aw} = 100 v_n = 240 \text{ kN}$ $H_n = 0.45 V_{aw} + 0.04 v_{n1} w_1 L$

$$0.45 * 240 + 0.04 * 6 * 3 * 12 = 116.64 \text{ kN}$$

je uvažován pás šířky 3 m, který může působit kdekoliv mezi svodidly

počet zatížených nosníků 3

Výhradní zatížitelnost

 $H_r = 0.15 * 800 = 120 \text{ kN}$

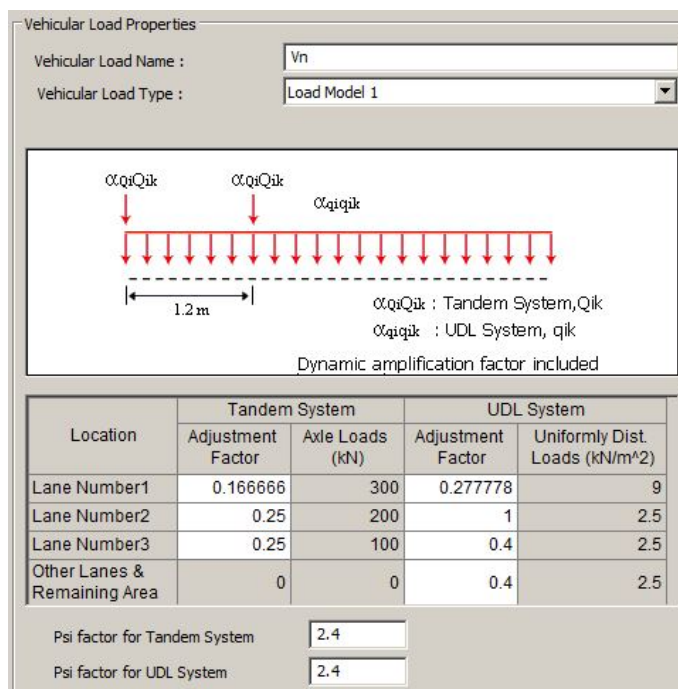
spojité zatížení na tyto no 3.333333 kN/m

vzdálenost povrchu od osy nosníku

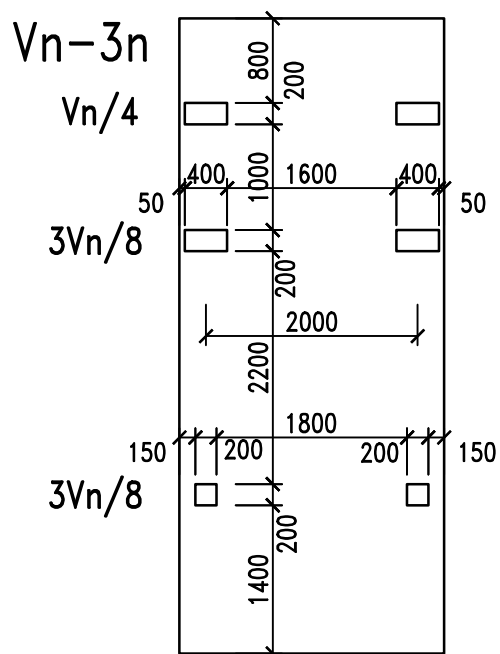
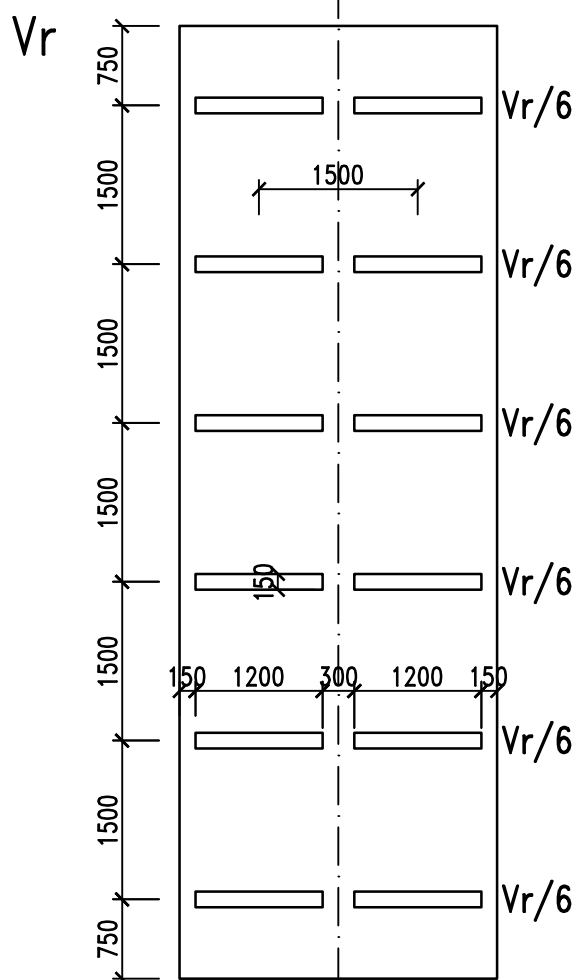
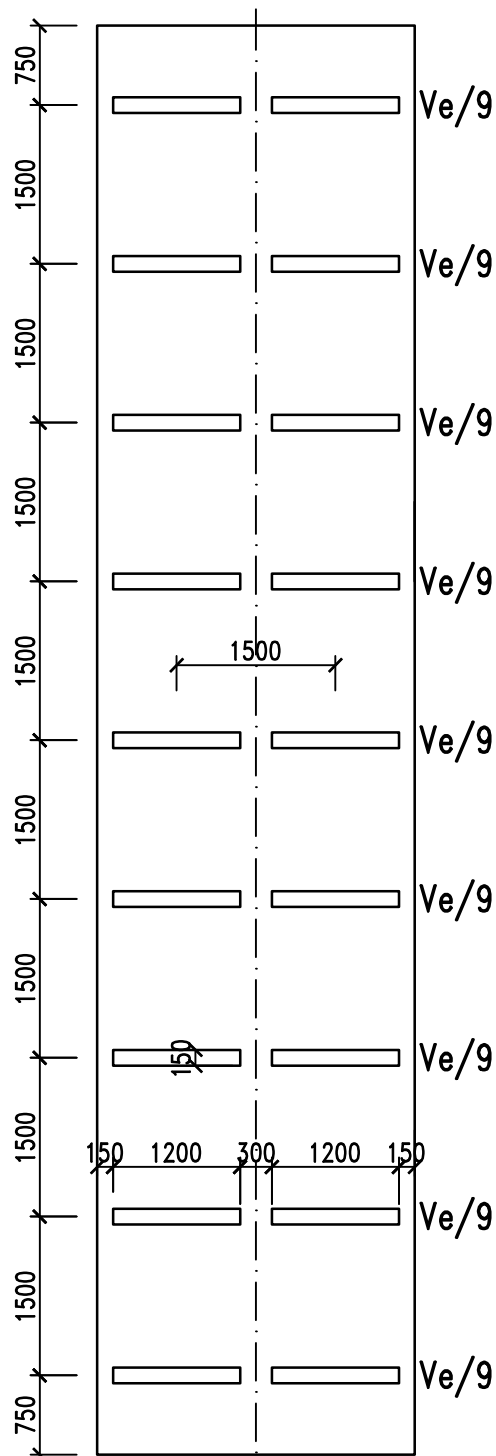
0.973 m

4.5.4 ZATÍŽENÍ DOPRAVOU – SESTAVY PRO STANOVENÍ ZATÍŽITELNOSTI

Proměnná zatížení byla stavěna na okraj zatěžovacího prostoru tak, aby vyvozovala co největší účinky vnitřních sil na konstrukci pro jednotlivé zatěžovací stavy. Poloha zatížení na nosné konstrukci je vymezena obrubníky. Zatížení V_r bylo stavěno do všech možných zatěžovacích pruhů, V_e bylo stavěno do osy komunikace s excentricitou 0.5 m na obě strany.



Obrázek 1 Sestava zatížení pro stanovení normální zatížitelnosti

 V_e 

Define User Defined Vehicular Load

Standard Name: EN 1991-2:2003 - RoadBridge/Footway and FootBridge

Load Type:

- ☐ Load Model 1 / Fatigue Load Model 1
- ☒ Load Model 2,4 / Fatigue Load Model 2,4
- ☐ Load Model 3
- ☐ Load Model 3 (Straddling)
- ☐ Fatigue Load Model 3
- ☐ Permit Truck

Vehicular Load Properties

Vehicular Load Name: Vr

Truck Load:

Lane Load:

Truck Load Table:

No	P(kN)	D(m)
4	133.333	1.5
5	133.333	1.5
6	133.333	end

Lane Load:

w: 0 kN/m²

Adjustment Factor β : 1

Psi factor: 1

Buttons: OK, Cancel, Apply

výhradní

Define User Defined Vehicular Load

Standard Name: EN 1991-2:2003 - RoadBridge/Footway and FootBridge

Load Type:

- ☐ Load Model 1 / Fatigue Load Model 1
- ☒ Load Model 2,4 / Fatigue Load Model 2,4
- ☐ Load Model 3
- ☐ Load Model 3 (Straddling)
- ☐ Fatigue Load Model 3
- ☐ Permit Truck

Vehicular Load Properties

Vehicular Load Name: Ve

Truck Load:

Lane Load:

Truck Load Table:

No	P(kN)	D(m)
7	200	1.5
8	200	1.5
9	200	end

Lane Load:

w: 0 kN/m²

Adjustment Factor β : 1

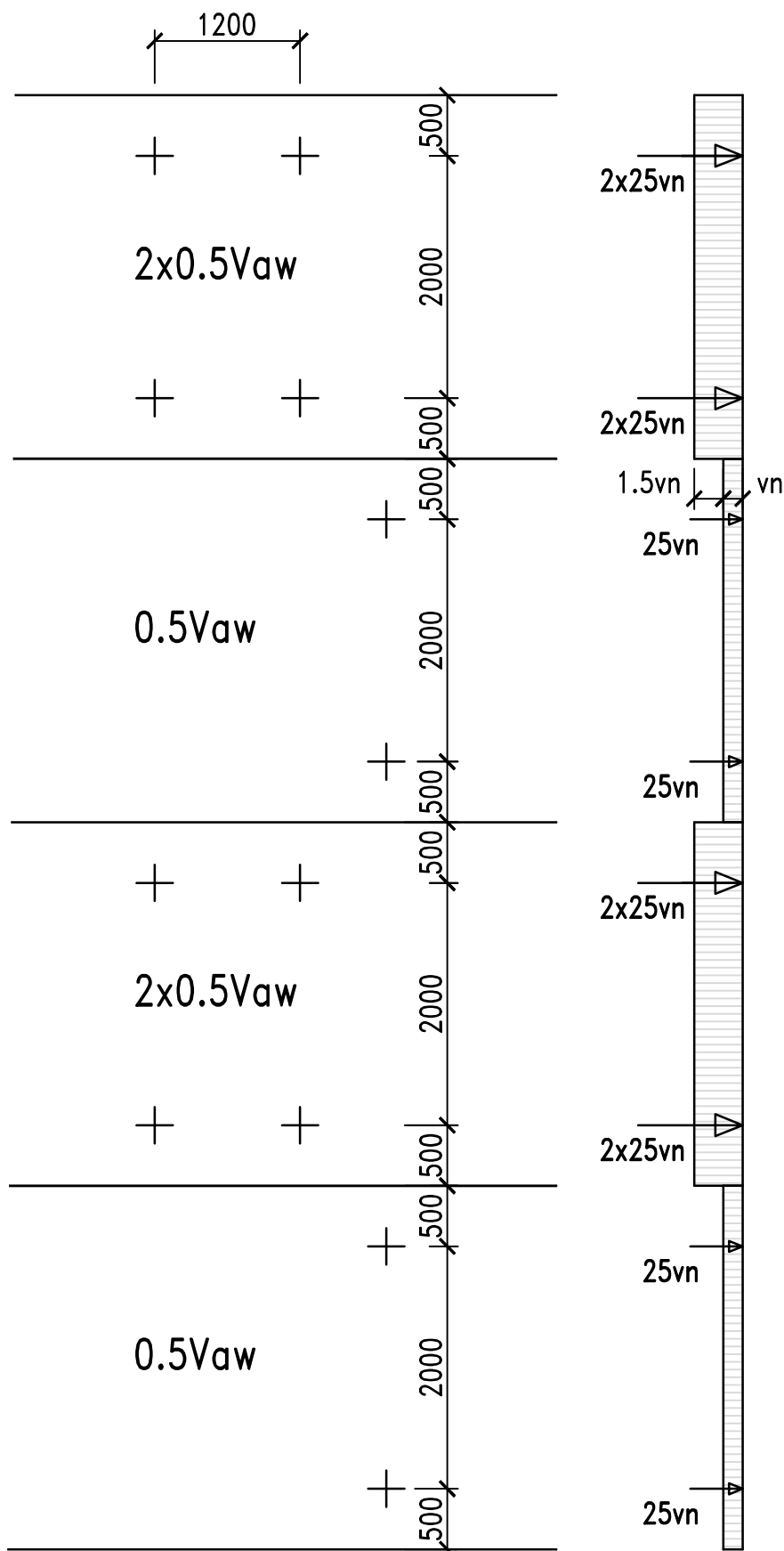
Psi factor: 1

Buttons: OK, Cancel, Apply

výjimečná

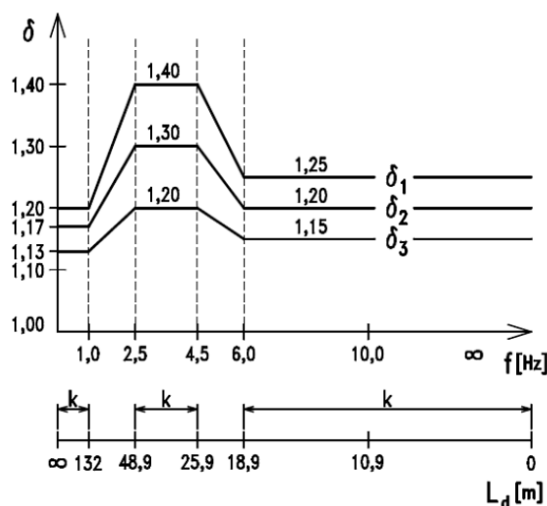
Obrázek 2 Sestavy zatížení pro stanovení výhradní a výjimečné zatížitelnosti

SESTAVA ZATÍŽENÍ PRO STANOVENÍ NORMÁLNÍ ZATÍŽITELNOSTI



4.6 UVAŽOVANÉ DYNAMICKÉ ÚČINKY ZATÍŽENÍ DOPRAVOU PŘI STANOVENÍ ZATÍŽITELNOSTI

Dynamické součinitele pro silniční dopravu byly uvažovány dle ČSN 73 6222, kapitoly 8. Uvažuje se, že dynamické zatížení dopravou lze převést na statické zatížení přenásobením příslušným dynamickým součinitelem.



Obrázek 3 Dynamické součinitele v závislosti na vlastní frekvenci

výsledně uvažovaný dynamický součinitel	hodnota
$\delta V_n - 2$ pruhů	1.2
δV_r	1.25
δV_e	1.05

4.7 OSLABENÍ PRŮŘEZŮ VLIVEM DEGRADACE

Podle průzkumu je oslabení krajního lana v 1. i 2. poli 100 %. Jedná se o levé lano na levém boku nosné konstrukce, které je dle typového podkladu označeno číslem 3. Kvůli možné nahodilosti výskytu koroze předpínací výztuže a kvůli masivnímu zatékání ve spárách i mezi dalšími nosníky je diagnostickým průzkumem doporučeno uvážit u každého nosníku oslabení průřezové plochy předpínací výztuže 20 %.

Kvůli masivnímu zatékání zejména na konzolu stativa a korozi výztuže stativa je průzkumem doporučeno na základě odhadu uvážit oslabení 15 % průřezové plochy výztuže stativa. U stojek je třeba uvážit kvůli degradaci betonu odpadnutí povrchové vrstvy betonu v tloušťce 2 cm na celém povrchu stojek. Oslabení betonářské výztuže stojek je odhadnuto na 10 %.

4.8 MATERIÁLY

4.8.1 BETON, BETONÁŘSKÁ VÝZTUŽ

Beton konstrukce se uvažuje podle výsledků průzkumu:

Část konstrukce	Archiv. dokumentace	Doporučená třída diag. průzkumem
Nosník	C35/45	C35/45
Stojky a stativo	C16/20	C16/20

Betonářská výztuž je uvažována třídy III A (v souladu s archivní dokumentací). Návrhová mez kluzu podle TP 200 $f_{yd}=330$ MPa.

Zadání uvažovaných materiálů do programu Midas:

nosníků

příčné vazby

Obrázek 4 Zadaný materiál

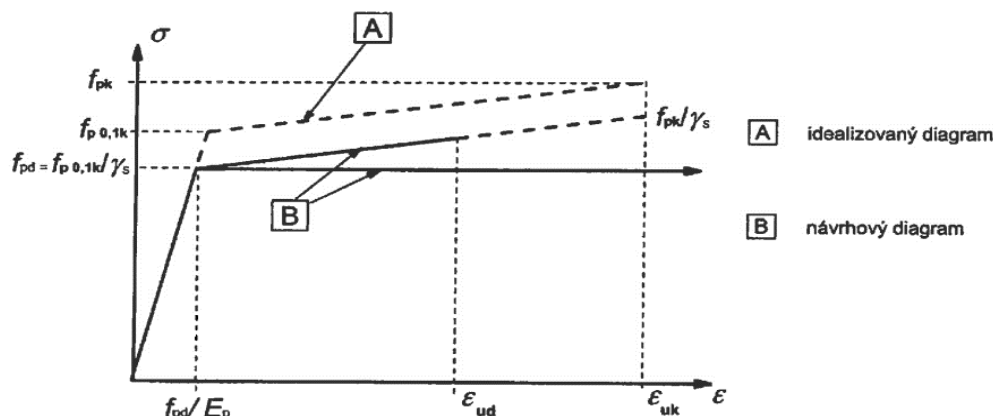
4.8.2 PŘEDPÍNACÍ VÝZTUŽ

gammaS	1.15 -		
$f_{p,0,1,k}$	1288 MPa	$= f_{pd} * \gamma_{pS} = f_{pd} * 1.15$	Yield Strength
$f_{pk} =$	1431.11 MPa	$= f_{p,0,1,k} / 0.9$	Ultimate Strength
$f_{pk} =$	1650 MPa	viz ČSN 73 0038	pro výpočet ztrát je uvažovaná tato hodnota
$E_p =$	195 GPa		
$f_{pd} =$	1120 MPa	viz ČSN 73 0038	

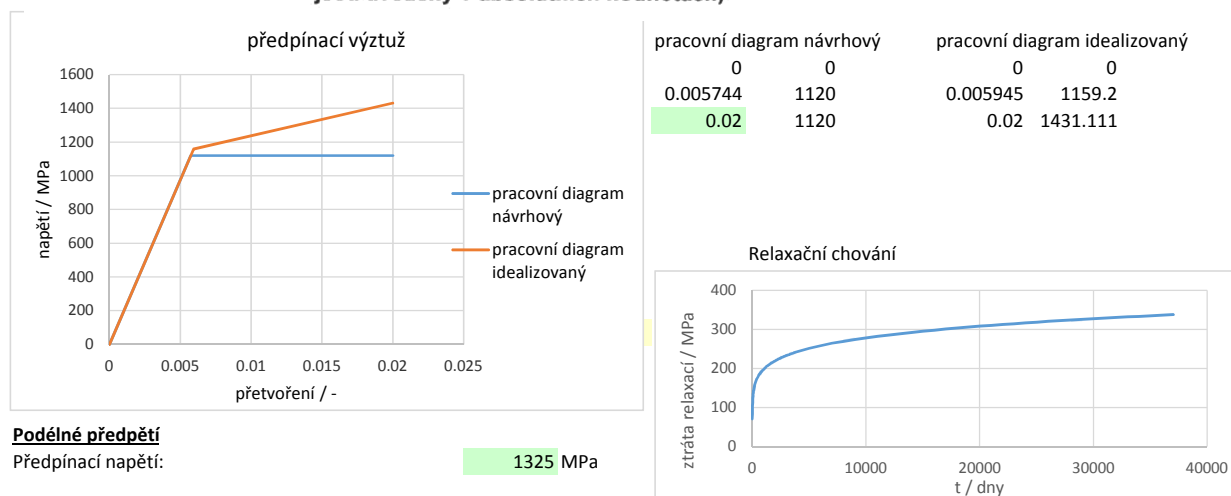
fpd/Ep 0.00574

 $f_{p0,1k} / f_{pk} = 0,9$. NP17)

fp,0,1,k/Ep 0.00594



Obrázek 3.10 – Schéma pracovních diagramů pro předpínací ocel (napětí v tahu a přetvoření jsou uvedeny v absolutních hodnotách)

**Podélné předpětí**

Předpínací napětí: 1325 MPa

Lana jsou z drátů

Ø 4.5 mm hladký patentovaný drát, 4.5 mm; zaručená mez pevnosti 1650 MPa, zaručená mez pružnosti $\kappa_{0,2} = 1200$ MPatato mez pružnosti je zvýšena dle ČSN 73 2004 čl. 32 na $\kappa_{0,2} = 1.125 * 1200 = 1350$ MPa

třída relaxace 1 dráty nebo lana s normální relaxací (patentované dráty)
 zadání do programu Midas: ordinary rho1000= 8 %

4.8.3 PRŮŘEZOVÉ CHARAKTERISTIKY PRUTŮ

4.9 PRŮŘEZOVÉ CHARAKTERISTIKY PRUTŮ

Legenda k tabulce průřezových charakteristik:

- ID: Section number
- Type: DB/User je Uživatelem zadaný typ průřezu
- Shape: SB je obdélníkový tvar, I je tvar průřezu I, GEN je obecný průřez,
- Name: Jméno průřezu
- Area: Průřezová plocha
- Asy: Efektivní plocha vzdorující smyku ve směru y lokálního souřadného systému
- Asz: Efektivní plocha vzdorující smyku ve směru z lokálního souřadného systému
- Ixx: Moment setrvačnosti průřezu v kroucení
- Iyy: Moment setrvačnosti průřezu k ose y
- Izz: Moment setrvačnosti průřezu k ose z
- Cyp: Vzdálenost mezi osou průřezu a nejvzdálenějším vláknem průřezu ve směru pozitivní (+) poloosy y
- Cym: Vzdálenost mezi osou průřezu a nejvzdálenějším vláknem průřezu ve směru negativní (-) poloosy y
- Czp: Vzdálenost mezi osou průřezu a nejvzdálenějším vláknem průřezu ve směru pozitivní (+) poloosy z
- Czm: Vzdálenost mezi osou průřezu a nejvzdálenějším vláknem průřezu ve směru negativní (-) poloosy z
- Qyb: Poměr statického momentu průřezu (vůči centrálním osám průřezu) k šířce průřezu při smykové síle ve směru lokální osy z
- Qzb: Poměr statického momentu průřezu (vůči centrálním osám průřezu) k šířce průřezu při smykové síle ve směru lokální osy y

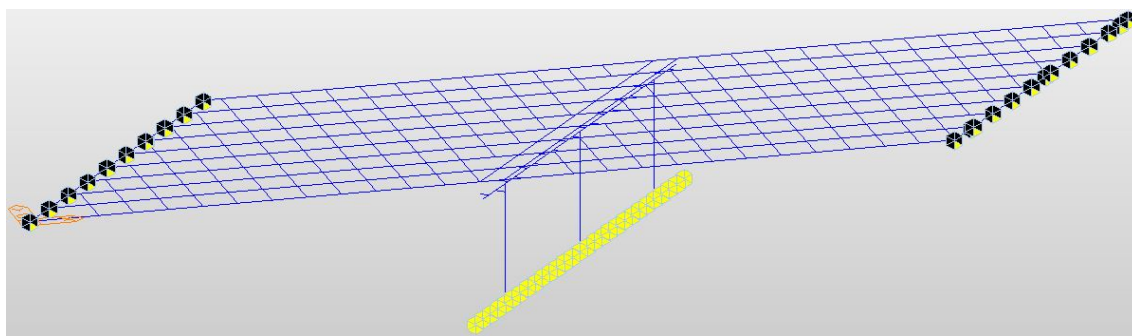
Type	Name	Area (m ²)	Asy (m ²)	Asz (m ²)	Ixx (m ⁴)	Iyy (m ⁴)	Izz (m ⁴)	Cyp (m)	Cym (m)	Czp (m)	Czm (m)	Qyb (m ²)	Qzb (m ²)
PSC	KA61-12	0.306	0.185	0.103	0.029	0.014	0.029	0.490	0.490	0.300	0.300	0.000	0.216
DB/User	pricPole	0.100	0.083	0.083	0.000	0.000	0.008	0.500	0.500	0.050	0.050	0.001	0.125
DB/User	pricnik	0.001	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.020	0.020	0.020	0.020	0.000	0.000
DB/User	Stativo	0.719	0.599	0.599	0.068	0.029	0.063	0.514	0.514	0.350	0.350	0.061	0.132
DB/User	stojka	0.282	0.254	0.254	0.012	0.006	0.006	0.300	0.300	0.300	0.300	0.030	0.030
DB/User	tuhRamenoStativa	1.300	1.083	1.083	0.229	0.108	0.183	0.650	0.650	0.500	0.500	0.125	0.211
DB/User	zaklad	2.380	1.983	1.983	0.779	0.573	0.388	0.700	0.700	0.850	0.850	0.361	0.245
DB/User	StativoTrhlina	0.514	0.428	0.428	0.029	0.010	0.045	0.514	0.514	0.250	0.250	0.031	0.132

Obrázek 5 Tabulka průřezových charakteristik

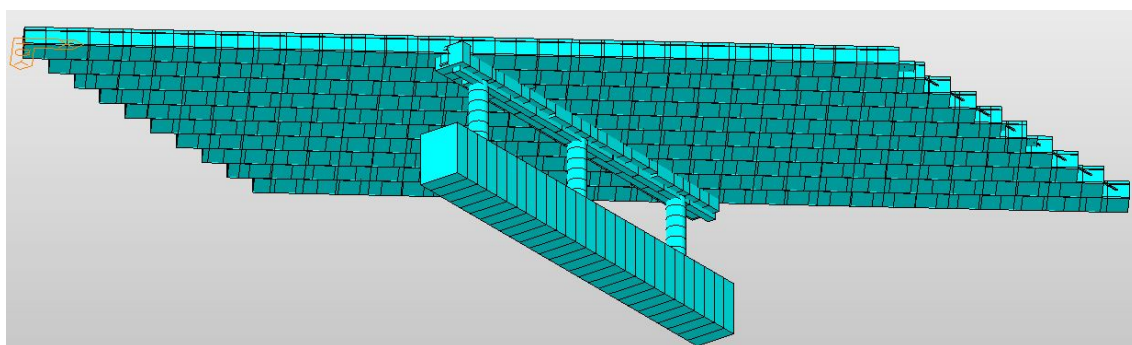
5 STATICKÝ VÝPOČET ZATÍŽITELNOSTI

5.1 VÝPOČETNÍ MODEL

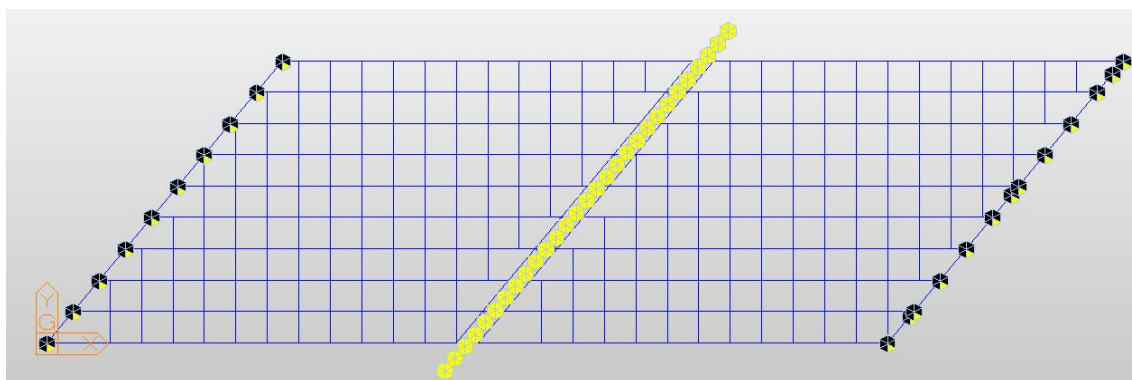
Krátké vodorovné pruty stativa jsou tvořeny nehmotnými pruty „tuhRamenoStativa“. Slouží k přenosu sil z ložisek na stativo s vlivem všech skutečných vnitřních sil.



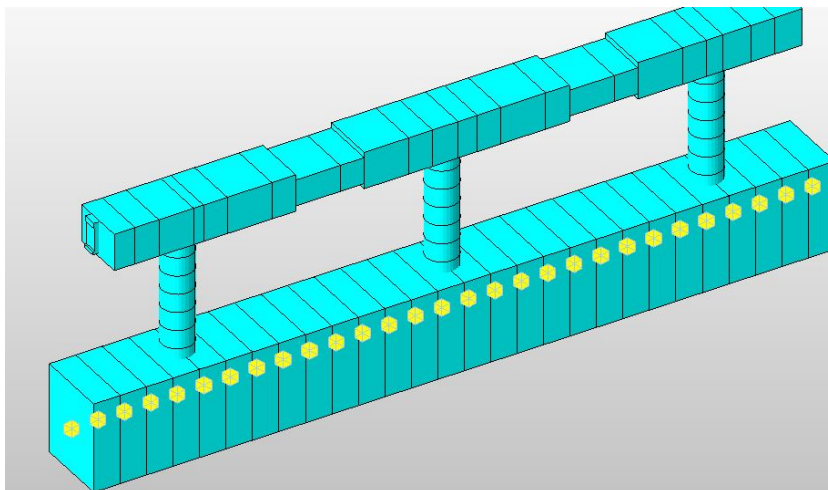
Obrázek 6 Model konstrukce – osové schéma – axonometrie



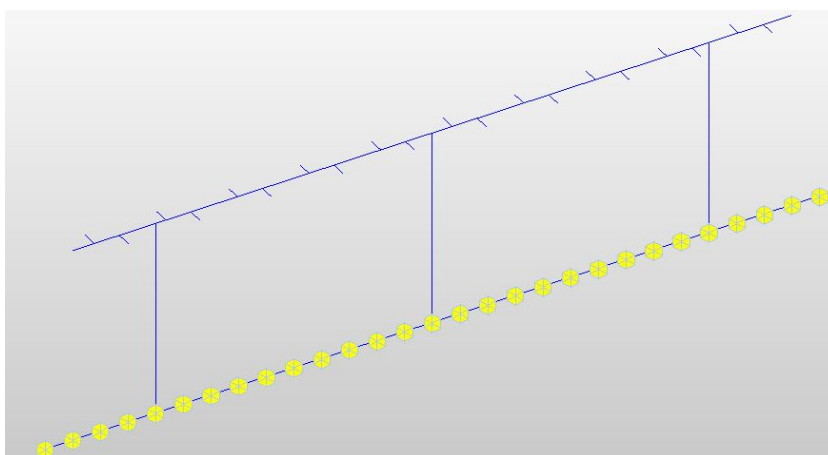
Obrázek 7 Model konstrukce – skutečné tloušťky prvků – axonometrie



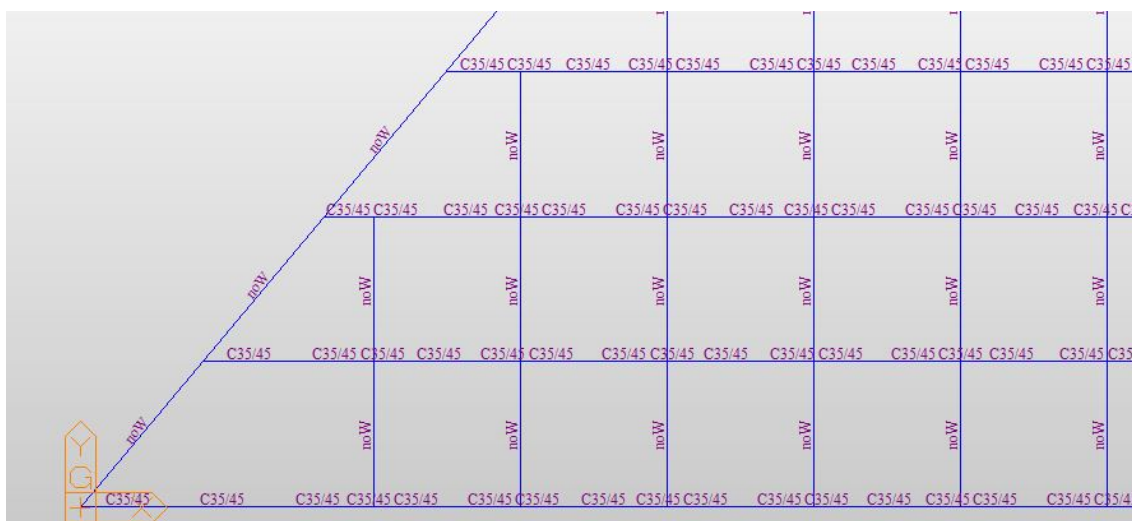
Obrázek 8 Model konstrukce – půdorys osového schéma



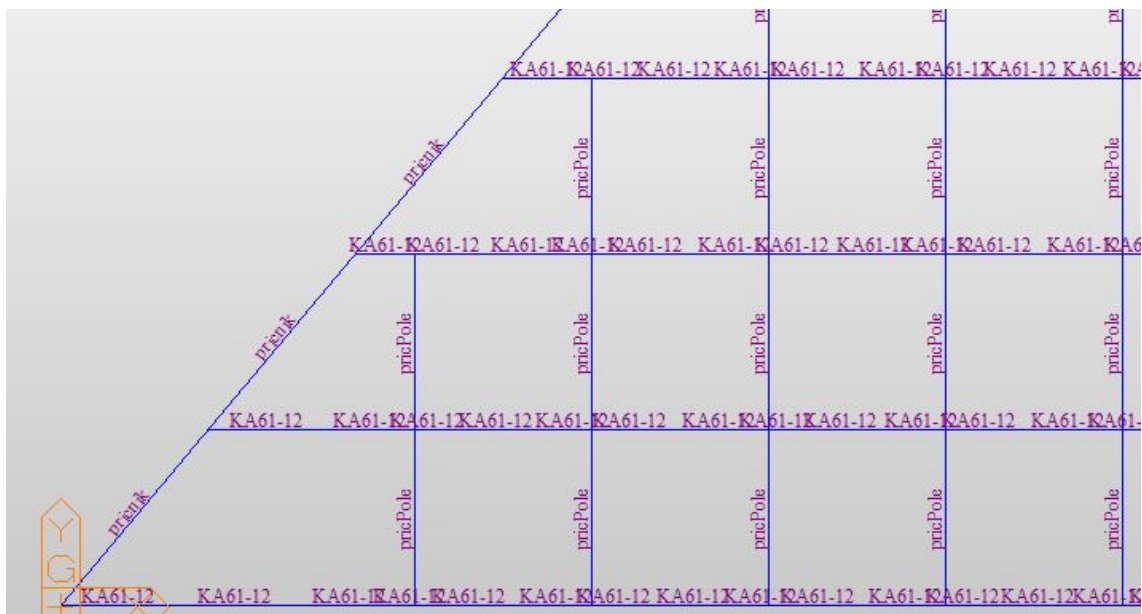
Obrázek 9 Model konstrukce – axonometrie stativa, skutečné tloušťky



Obrázek 10 Model konstrukce – axonometrie stativo, osové schéma



Obrázek 11 Model konstrukce – užití materiálů v modelu



Obrázek 12 Model konstrukce – užití průřezů v modelu

5.2 ÚNOSNOST PRŮŘEZŮ NK PODLE POŽADAVKŮ MSP

nosník. č.		1	2	3	4	5	6	7	8	9
Charakteristická kombinace	A	[m ²]	0.310	0.310	0.310	0.310	0.310	0.310	0.310	0.310
	I	[m ⁴]	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015
	z _h	[m]	-0.300	-0.30	-0.30	-0.30	-0.30	-0.30	-0.30	-0.30
	z _d	[m]	0.300	0.300	0.300	0.300	0.300	0.300	0.300	0.300
	f _{ck}	[MPa]	35	35	35	35	35	35	35	35
	A _{p1}	[mm ²]	15.9	15.9	15.9	15.9	15.9	15.9	15.9	15.9
	n	[-]	139	139	139	139	139	139	139	139
	A _p	[mm ²]	2211	2211	2211	2211	2211	2211	2211	2211
	ztráty	%	34.9	34.9	34.9	34.9	34.9	34.9	34.9	34.9
	σ _{napínací}	[MPa]	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325
	σ _p	[MPa]	863	863	863	863	863	863	863	863
	N _p	[MN]	-1.901	-1.901	-1.901	-1.901	-1.901	-1.901	-1.901	-1.901
	e _p	[m]	-0.188	-0.188	-0.188	-0.188	-0.188	-0.188	-0.188	-0.188
	M _p	[MNm]	-0.358	-0.358	-0.358	-0.358	-0.358	-0.358	-0.358	-0.358
	M	[MNm]	1.12	1.12	1.12	1.12	1.12	1.12	1.12	1.12
	M _{tot}	[MNm]	0.764	0.764	0.764	0.764	0.764	0.764	0.764	0.764
	σ _h	[MPa]	-21.0	-21.0	-21.0	-21.0	-21.0	-21.0	-21.0	-21.0
	σ _d	[MPa]	8.7	8.7	8.7	8.7	8.7	8.7	8.7	8.7
	0.6*f _{ck}	[MPa]	21	21	21	21	21	21	21	21
	Ok?		ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO
Častá kombinace	M _{dek}	[MNm]	0.641	0.641	0.641	0.641	0.641	0.641	0.641	0.641
	M _t	[MNm]	0.283	0.283	0.283	0.283	0.283	0.283	0.283	0.283
	σ _h	[MPa]	-11.6	-11.6	-11.6	-11.6	-11.6	-11.6	-11.6	-11.6
	σ _d	[MPa]	-0.64	-0.64	-0.64	-0.64	-0.64	-0.64	-0.64	-0.64

$$= A_{p1} * n$$

$$= \sigma_{napínací} * (1 - ztráty)$$

$$= \sigma_p * A_p - N_T - N_B$$

$$= N_p * A_p$$

$$= I / z_h * (-0.6 * f_{ck} - N_p / A) - M_p$$

$$= M + M_p$$

$$= N_p / A + M_{tot} / I * z_h$$

$$= N_p / A + M_{tot} / I * z_d$$

$$= N_p * I / z_d / A - M_p$$

$$= M_{dek} + M_p$$

$$= N_p / A + M_t / I * z_h$$

$$= N_p / A + M_t / I * z_d \quad \#$$

- A - plocha betonového průřezu
 I - moment setrvačnosti betonového průřezu pro ohyb od svislého zatížení
 z_h - vzdálenost od těžiště k horním vláknům betonového průřezu
 z_d - vzdálenost od těžiště k dolním vláknům betonového průřezu
 f_{ck} - charakteristická pevnost betonu v tlaku
 A_{p1} - plocha jednoho předpínacího drátu
 n - počet předpínacích drátů celkem
 A_p - plocha předpínacích drátů celkem
 ztráty - uvažované ztráty předpětí
 σ_{napína} - uvažované napínací napětí dle dostupných podkladů
 σ_p - uvažované napínací napětí po ztrátách
 N_p - předpínací síla
 e_p - excentricita těžiště předpínací výztuže od těžiště betonového průřezu
 M_p - moment od předpínací síly
 M - moment, který způsobí mezní přípustné napětí v betonové části průřezu
 M_{tot} - součet působících momentů
 σ_h - napětí v horních vláknech betonového průřezu
 σ_d - napětí v dolních vláknech betonového průřezu
 0.6*f_{ck} - mezní přípustné napětí

Poznámka

V časté kombinaci se ověřuje dekomprese - v dolních vláknech (a 100 mm od předp. výzt.) musí být tlak (nebo nulové napětí) vzhledem k tomu, že nelineární ochlazení (násobené součinitelem psi=0.5) vyvolá tah 0.64 MPa musí být v dolních vláknech průřezu tlak minimálně -0.64 MPa

Moment pro vyvinutí tlaku

-0.64 MPa

M = -0.033 MNm

Tření v ložiskách

Reakce (sw+ oS)=

157 kN

součinitel tření

0.04

normálová síla v nos.

N_T = 6.28 kN

Předpínací síla každého nosníku je zmenšena o tahové normálové síly

5.3 ÚNOSNOST PRŮŘEZŮ NK PODLE POŽADAVKŮ MSP - OSLABENÝ PRŮŘEZ

nosník. č.		1	2	3	4	5	6	7	8	9
A	[m ²]	0.310	0.310	0.310	0.310	0.310	0.310	0.310	0.310	0.310
I	[m ⁴]	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015
z _h	[m]	-0.300	-0.30	-0.30	-0.30	-0.30	-0.30	-0.30	-0.30	-0.30
z _d	[m]	0.300	0.300	0.300	0.300	0.300	0.300	0.300	0.300	0.300
f _{ck} =	[MPa]	35	35	35	35	35	35	35	35	35
A _{p1}	[mm ²]	15.9	15.9	15.9	15.9	15.9	15.9	15.9	15.9	15.9
n	[-]	111.2	111.2	111.2	111.2	111.2	111.2	111.2	111.2	111.2
A _p	[mm ²]	1769	1769	1769	1769	1769	1769	1769	1769	1769
ztráty	%	34.9	34.9	34.9	34.9	34.9	34.9	34.9	34.9	34.9
σ _{napínací}	[MPa]	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325
σ _p	[MPa]	863	863	863	863	863	863	863	863	863
N _p	[MN]	-1.520	-1.520	-1.520	-1.520	-1.520	-1.520	-1.520	-1.520	-1.520
e _p	[m]	-0.188	-0.188	-0.188	-0.188	-0.188	-0.188	-0.188	-0.188	-0.188
M _p	[MNm]	-0.286	-0.286	-0.286	-0.286	-0.286	-0.286	-0.286	-0.286	-0.286
M	[MNm]	1.11	1.11	1.11	1.11	1.11	1.11	1.11	1.11	1.11
M _{tot}	[MNm]	0.827	0.827	0.827	0.827	0.827	0.827	0.827	0.827	0.827
σ _h	[MPa]	-21.0	-21.0	-21.0	-21.0	-21.0	-21.0	-21.0	-21.0	-21.0
σ _d	[MPa]	11.2	11.2	11.2	11.2	11.2	11.2	11.2	11.2	11.2
0.6*f _{ck} =	[MPa]	21	21	21	21	21	21	21	21	21
Ok?		ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO
Častá kombinace	M _{dek}	0.506	0.506	0.506	0.506	0.506	0.506	0.506	0.506	0.506
	M _t	0.219	0.219	0.219	0.219	0.219	0.219	0.219	0.219	0.219
	σ _h	-9.2	-9.2	-9.2	-9.2	-9.2	-9.2	-9.2	-9.2	-9.2
	σ _d	-0.64	-0.64	-0.64	-0.64	-0.64	-0.64	-0.64	-0.64	-0.64

součinitel oslabení plochy předpínací

výztuže: 0.8

(oslabení 20 %)

$$= A_{p1} * n$$

$$= \sigma_{napínací} * (1 - ztráty)$$

$$= \sigma_p * A_p - N_T - N_B$$

$$= N_p * A_p$$

$$= I / z_h * (-0.6 * f_{ck} - N_p / A) - M_p$$

$$= M + M_p$$

$$= N_p / A + M_{tot} / I * z_h$$

$$= N_p / A + M_{tot} / I * z_d$$

$$= N_p * I / z_d / A - M_p$$

$$= M_{dek} + M_p$$

$$= N_p / A + M_t / I * z_h$$

$$= N_p / A + M_t / I * z_d \quad \#$$

- A - plocha betonového průřezu
 I - moment setrvačnosti betonového průřezu pro ohyb od svislého zatížení
 z_h - vzdálenost od těžiště k horním vláknům betonového průřezu
 z_d - vzdálenost od těžiště k dolním vláknům betonového průřezu
 f_{ck}= - charakteristická pevnost betonu v tlaku
 A_{p1} - plocha jednoho předpínacího drátu
 n - počet předpínacích drátů celkem
 A_p - plocha předpínacích drátů celkem
 ztráty - uvažované ztráty předpětí
 σ_{napínací} - uvažované napínací napětí dle dostupných podkladů
 σ_p - uvažované napínací napětí po ztrátách
 N_p - předpínací síla
 e_p - excentricita těžiště předpínací výztuže od těžiště betonového průřezu
 M_p - moment od předpínací síly
 M - moment, který způsobí mezní přípustné napětí v betonové části průřezu
 M_{tot} - součet působících momentů
 σ_h - napětí v horních vláknech betonového průřezu
 σ_d - napětí v dolních vláknech betonového průřezu
 0.6*f_c - mezní přípustné napětí

- M_{dek} - moment, který způsobí dekompresi (celý průřez je tlačný)
 M_t - součet působících momentů
 σ_h - napětí v horních vláknech betonového průřezu
 σ_d - napětí v dolních vláknech betonového průřezu

Poznámka

V časté kombinaci se ověřuje dekomprese -
 v dolních vláknech (a 100 mm od předp. výzt.)
 musí být tlak (nebo nulové napětí)
 vzhledem k tomu, že nelineární ochlazení
 (násobené součinitelem psi=0.5)
 vyvolá tah 0.64 MPa
 musí být v dolních vláknech průřezu
 tlak minimálně -0.64 MPa

Moment pro vyvinutí tlaku

-0.64 MPa

M = -0.033 MNm

Tření v ložiskách

Reakce (sw+ oS)= 157 kN

součinitel tření 0.04 -

normálová síla v nos. N_T = 6.28 kN

Předpínací síla každého nosníku je zmenšena o tahové
 normálové síly

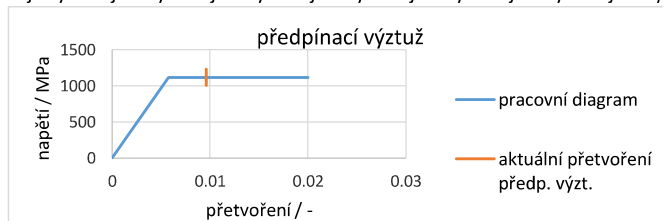
5.4 ÚNOSNOST PRŮŘEZŮ NK PODLE POŽADAVKŮ MSÚ

$\sigma_{pm0} =$	863	863	863	863	863	863	863	863	863 MPa
$E_p =$	195	195	195	195	195	195	195	196	197 GPa
$\epsilon_{ps0} =$	0.00442	0.004423	0.004423	0.004423	0.004423	0.004423	0.004423	0.004401	0.004379 [-]
$f_{p,0,1,k}$	1288	1288	1288	1288	1288	1288	1288	2408	3528
γ_{maS}	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15	2.15	3.15
$f_{pd} =$	1120	1120	1120	1120	1120	1120	1120	1120	1120
f_{pd}/E_p	0.00574	0.005744	0.005744	0.005744	0.005744	0.005744	0.005744	0.005714	0.005685 [-]
$f_{ck} =$	35	35	35	35	35	35	35	35	35 MPa
$f_{cd} =$	19.8333	19.83333	19.83333	19.83333	19.83333	19.83333	19.83333	19.83333	19.83333 MPa
$E_c =$	34	34	34	34	34	34	34	34	34 GPa
$B =$	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9 m
$H =$	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6 m
$A =$	0.310	0.310	0.310	0.310	0.310	0.310	0.310	0.310	0.310 m ²
$I =$	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015 m ⁴
$e_p =$	0.18842	0.188417	0.188417	0.188417	0.188417	0.188417	0.188417	0.188417	0.188417 m
$N_p =$	-2.48	-2.48	-2.48	-2.48	-2.48	-2.48	-2.48	-2.48	-2.48 MN
$M_p =$	-0.4665	-0.46652	-0.46652	-0.46652	-0.46652	-0.46652	-0.46652	-0.46652	-0.46652 MNm
$\sigma_{H} =$	1.08	1.08	1.08	1.08	1.08	1.08	1.08	1.08	1.08 MPa
$\sigma_{D} =$	-17.07	-17.07	-17.07	-17.07	-17.07	-17.07	-17.07	-17.07	-17.07 MPa
$\sigma_{P} =$	-10.29	-10.29	-10.29	-10.29	-10.29	-10.29	-10.29	-10.29	-10.29 MPa
$\epsilon_{psP} =$	-0.0003	-0.0003	-0.0003	-0.0003	-0.0003	-0.0003	-0.0003	-0.0003	-0.0003 [-]
$A_p =$	2211	2211	2211	2211	2211	2211	2211	2211	2211 mm ²
$F_p =$	2.48	2.48	2.48	2.48	2.48	2.48	2.48	2.48	2.48 MN
$A_c, t_{lač} =$	0.12484	0.12484	0.12484	0.12484	0.12484	0.12484	0.12484	0.12484	0.12484 m ²
$x_u =$	0.163	0.163	0.163	0.163	0.163	0.163	0.163	0.163	0.163 m
$x =$	0.204	0.204	0.204	0.204	0.204	0.204	0.204	0.204	0.204 m
$z =$	0.419	0.419	0.419	0.419	0.419	0.419	0.419	0.419	0.419 m
$M_{Rd} =$	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04 MNm

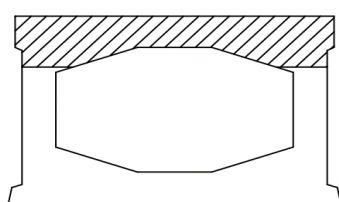
Kontrola přetvoření předpínací výztuže

$\epsilon_{psCu} =$	-0.0035	-0.0035	-0.0035	-0.0035	-0.0035	-0.0035	-0.0035	-0.0035	-0.0035 [-]
$\epsilon_{psP} =$	0.00489	0.00489	0.00489	0.00489	0.00489	0.00489	0.00489	0.00489	0.00489 [-]
$-\epsilon_{psP} =$	0.0003	0.000303	0.000303	0.000303	0.000303	0.000303	0.000303	0.000303	0.000303 [-]
$\epsilon_{ps0} =$	0.00442	0.004423	0.004423	0.004423	0.004423	0.004423	0.004423	0.004401	0.004379 [-]
$\epsilon_{psP} =$	0.00489	0.00489	0.00489	0.00489	0.00489	0.00489	0.00489	0.00489	0.00489 [-]
suma	0.00962	0.009616	0.009616	0.009616	0.009616	0.009616	0.009616	0.009593	0.009571

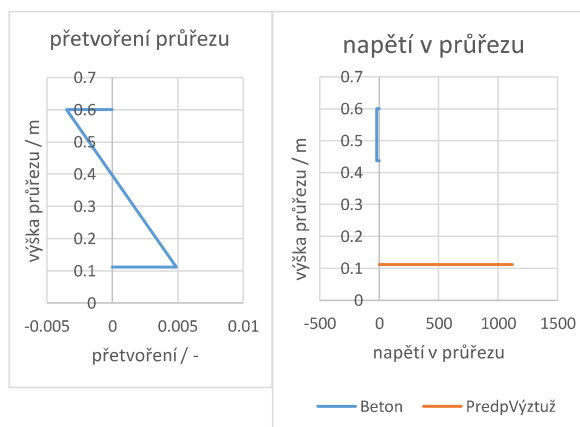
$\epsilon_{psUd} =$	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
$\epsilon_{ps} =$	0.00962	0.009616	0.009616	0.009616	0.009616	0.009616	0.009616	0.009593	0.009571
	0.00574	0.005744	0.005744	0.005744	0.005744	0.005744	0.005744	0.005714	0.005685
	$= f_{pd}/E_p$	$= f_{pd}/E_p$	$= f_{pd}/E_p$	$= f_{pd}/E_p$	$= f_{pd}/E_p$	$= f_{pd}/E_p$	$= f_{pd}/E_p$	$= f_{pd}/E_p$	$= f_{pd}/E_p$
	vyhovuje	vyhovuje	vyhovuje	vyhovuje	vyhovuje	vyhovuje	vyhovuje	vyhovuje	vyhovuje



spm0=	Napětí v předpínací výztuži bezprostředně po zakotvení
Ep=	Návrhová hodnota modulu pružnosti předpínací výztuže
eps0=	Přetvoření předpínací výztuže bezprostředně po zakotvení
fpd=	Návrhová mez kluzu 0.1 %
fpd/Ep	Přetvoření na počátku plastické větve (na mezi pružnosti)
fck=	Charakteristická pevnost betonu v tlaku
fcd=	Návrhová hodnota pevnosti betonu v tlaku
Ec=	Návrhová hodnota modulu pružnosti betonu
B=	Šířka průřezu (tlačené oblasti)
H=	Výška průřezu
A=	Plocha průřezu
I=	Moment setrvačnosti průřezu
ep=	Excentricita těžiště předpínací výztuže od těžiště průřezu
Np=	Předpínací síla u uvažovaném období
Mp=	Moment od předpínací síly u uvažovaném období
sigH=	Výchozí napětí v betonu od primárních účinků předpínací síly - horní vlákna
sigD=	Výchozí napětí v betonu od primárních účinků předpínací síly - dolní vlákna
sigP=	Výchozí napětí v betonu od prim. úč. před. síly - těžiště předpínací výztuže
epsP=	Výchozí přetvoření betonu v úrovni těžiště předp. síly od prim. účinků předp. síly
Ap=	Plocha předpínací výztuže v průřezu
Fp=	Předpínací síla při dosažení návrhové meze pevnosti
Ac, tlač=	Výška tlačené oblasti při přetížení průřezu na mez únosnosti
xu=	Poloha neutrální osy od horních vláken
z=	Rameno vnitřních sil
MRd=	Moment únosnosti
epsCu=	Mezní přetvoření betonu na mez únosnosti
epsP=	Přetvoření těžiště předpínací výztuže při přetížení průřezu na mez únosnosti



437
163



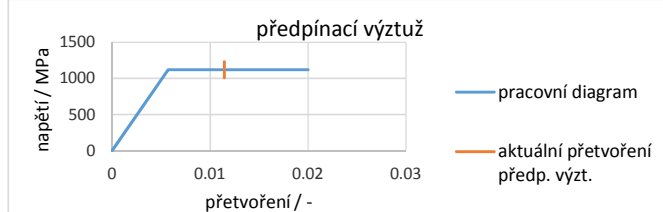
5.5 ÚNOSNOST PRŮŘEZŮ NK PODLE POŽADAVKŮ MSÚ - OSLABENÝ PRŮŘEZ

$\sigma_{pm0} =$	863	863	863	863	863	863	863	863	863 MPa
$E_p =$	195	195	195	195	195	195	195	196	197 GPa
$\epsilon_{ps0} =$	0.00442	0.004423	0.004423	0.004423	0.004423	0.004423	0.004423	0.004401	0.004379 [-]
$f_{p,0,1,k}$	1288	1288	1288	1288	1288	1288	1288	2408	3528
γ_{maS}	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15	2.15	3.15
$f_{pd} =$	1120	1120	1120	1120	1120	1120	1120	1120	1120
f_{pd}/E_p	0.00574	0.005744	0.005744	0.005744	0.005744	0.005744	0.005744	0.005714	0.005685 [-]
$f_{ck} =$	35	35	35	35	35	35	35	35	35 MPa
$f_{cd} =$	19.8333	19.83333	19.83333	19.83333	19.83333	19.83333	19.83333	19.83333	19.83333 MPa
$E_c =$	34	34	34	34	34	34	34	34	34 GPa
$B =$	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9 m
$H =$	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6 m
$A =$	0.310	0.310	0.310	0.310	0.310	0.310	0.310	0.310	0.310 m ²
$I =$	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015 m ⁴
$\epsilon_p =$	0.18842	0.188417	0.188417	0.188417	0.188417	0.188417	0.188417	0.188417	0.188417 m
$N_p =$	-1.98	-1.98	-1.98	-1.98	-1.98	-1.98	-1.98	-1.98	-1.98 MN
$M_p =$	-0.3732	-0.37321	-0.37321	-0.37321	-0.37321	-0.37321	-0.37321	-0.37321	-0.37321 MNm
$\sigma_{H} =$	0.86	0.86	0.86	0.86	0.86	0.86	0.86	0.86	0.86 MPa
$\sigma_{D} =$	-13.66	-13.66	-13.66	-13.66	-13.66	-13.66	-13.66	-13.66	-13.66 MPa
$\sigma_{P} =$	-8.23	-8.23	-8.23	-8.23	-8.23	-8.23	-8.23	-8.23	-8.23 MPa
$\epsilon_{ps} =$	-0.0002	-0.00024	-0.00024	-0.00024	-0.00024	-0.00024	-0.00024	-0.00024	-0.00024 [-]
$A_p =$	1769	1769	1769	1769	1769	1769	1769	1769	1769 mm ²
$F_p =$	1.98	1.98	1.98	1.98	1.98	1.98	1.98	1.98	1.98 MN
$A_c, \text{ tlač} =$	0.09987	0.099872	0.099872	0.099872	0.099872	0.099872	0.099872	0.099872	0.099872 m ²
$x_u =$	0.133	0.133	0.133	0.133	0.133	0.133	0.133	0.133	0.133 m
$x =$	0.166	0.166	0.166	0.166	0.166	0.166	0.166	0.166	0.166 m
$z =$	0.427	0.427	0.427	0.427	0.427	0.427	0.427	0.427	0.427 m
$M_{Rd} =$	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85 MNm

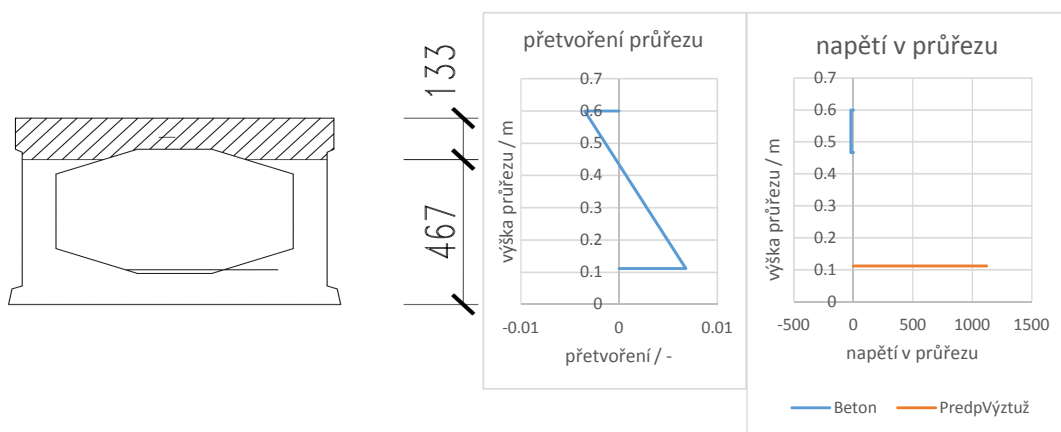
Kontrola přetvoření předpínací výztuže

$\epsilon_{psCu} =$	-0.0035	-0.0035	-0.0035	-0.0035	-0.0035	-0.0035	-0.0035	-0.0035	-0.0035 [-]
$\epsilon_{psP} =$	0.00678	0.006782	0.006782	0.006782	0.006782	0.006782	0.006782	0.006782	0.006782 [-]
$-\epsilon_{psP} =$	0.00024	0.000242	0.000242	0.000242	0.000242	0.000242	0.000242	0.000242	0.000242 [-]
$\epsilon_{ps0} =$	0.00442	0.004423	0.004423	0.004423	0.004423	0.004423	0.004423	0.004401	0.004379 [-]
$\epsilon_{psP} =$	0.00678	0.006782	0.006782	0.006782	0.006782	0.006782	0.006782	0.006782	0.006782 [-]
suma	0.01145	0.011448	0.011448	0.011448	0.011448	0.011448	0.011448	0.011425	0.011403

$\epsilon_{psUd} =$	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
$\epsilon_{ps} =$	>	>	>	>	>	>	>	>	>
	0.01145	0.011448	0.011448	0.011448	0.011448	0.011448	0.011448	0.011425	0.011403
	>	>	>	>	>	>	>	>	>
	0.00574	0.005744	0.005744	0.005744	0.005744	0.005744	0.005744	0.005714	0.005685
	= f_{pd}/E_p	= f_{pd}/E_p	= f_{pd}/E_p	= f_{pd}/E_p	= f_{pd}/E_p	= f_{pd}/E_p	= f_{pd}/E_p	= f_{pd}/E_p	= f_{pd}/E_p
	vyhovuje	vyhovuje	vyhovuje	vyhovuje	vyhovuje	vyhovuje	vyhovuje	vyhovuje	vyhovuje



spm0=	Napětí v předpínací výztuži bezprostředně po zakotvení
Ep=	Návrhová hodnota modulu pružnosti předpínací výztuže
eps0=	Přetvoření předpínací výztuže bezprostředně po zakotvení
f _{pd} =	Návrhová mez kluzu 0.1 %
f _{pd} /E _p	Přetvoření na počátku plastické větve (na mezi pružnosti)
f _{ck} =	Charakteristická pevnost betonu v tlaku
f _{cd} =	Návrhová hodnota pevnosti betonu v tlaku
E _c =	Návrhová hodnota modulu pružnosti betonu
B=	Šířka průřezu (tlačené oblasti)
H=	Výška průřezu
A=	Plocha průřezu
I=	Moment setrvačnosti průřezu
ep=	Excentricita těžiště předpínací výztuže od těžiště průřezu
N _p =	Předpínací síla u uvažovaném období
M _p =	Moment od předpínací síly u uvažovaném období
sig _H =	Výchozí napětí v betonu od primárních účinků předpínací síly - horní vlákna
sig _D =	Výchozí napětí v betonu od primárních účinků předpínací síly - dolní vlákna
sig _P =	Výchozí napětí v betonu od prim. úč. před. síly - těžiště předpínací výztuže
eps _P =	Výchozí přetvoření betonu v úrovni těžiště předp. síly od prim. účinků předp. síly
A _p =	Plocha předpínací výztuže v průřezu
F _p =	Předpínací síla při dosažení návrhové meze pevnosti
A _c , tlač=	Výška tlačené oblasti při přetížení průřezu na mez únosnosti
x _u =	Poloha neutrální osy od horních vláken
z=	Rameno vnitřních sil
M _{Rd} =	Moment únosnosti
eps _{Cu} =	Mezní přetvoření betonu na mezi únosnosti
eps _P =	Přetvoření těžiště předpínací výztuže při přetížení průřezu na mez únosnosti



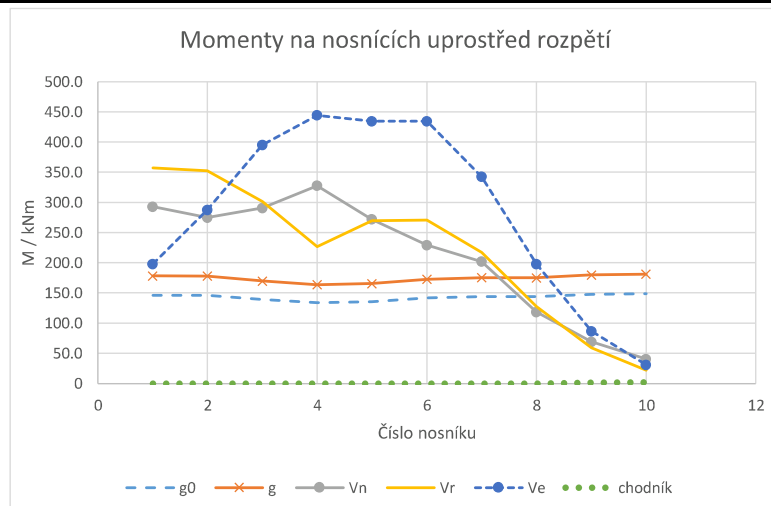
5.6 VÝSLEDNÉ VNITŘNÍ SÍLY A VÝPOČET ZATÍŽITELNOSTI NK

Vnitřní síla		M	M	M	M	M	M	M	M	M	M
Nosník č.		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
g0	[kNm]	146.2	145.9	138.9	134.0	135.6	142.0	144.0	143.7	147.6	148.8
g	[kNm]	178.5	178.0	169.6	163.8	165.4	172.7	175.4	175.3	179.9	181.3
V _n	[kNm]	293.1	274.8	290.6	327.6	271.9	229.1	201.9	118.3	68.9	40.4
V _r	[kNm]	357.2	352.5	301.6	226.4	269.5	270.6	217.3	127.2	59.1	22.1
V _e	[kNm]	197.7	287.6	395.0	444.5	434.6	434.5	342.5	197.9	86.5	31.0
brzdna Vn	[kNm]	11.1	11.1	11.1	11.1	11.1	11.1	11.1	11.1	11.1	11.1
brzdna Vr	[kNm]	10.3	10.3	10.3	10.3	10.3	10.3	10.3	10.3	10.3	10.3
chodník	[kNm]	0	0	0	0	0	0	0	0	1.0	2.0

g - Ostatní stálé zatížení

g0 - Vlastní tíha NK

Vnitřní síla		N _B	N _B	N _B	N _B	N _B	N _B	N _B	N _B	N _B	N _B
Nosník č.		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
brzdna Vn	[kN]	-11.4	-11.4	-7.9	-7.4	-4.4	-3.1	-1.6	-0.5	0.4	2.1
brzdna Vr	[kN]	-10.6	-10.5	-7.3	-6.9	-4.1	-2.8	-1.5	-0.5	0.4	1.9



$\delta_{Vn} [1]:$ 1.2
 $\delta_{Vr} [1]:$ 1.25
 $\delta_{Ve} [1]:$ 1.05

ZATÍŽITELNOST PODLE VYZTUŽENÍ - OHYB NOSNÍKŮ

Součinitel stavu NK $\alpha [-]$:

1.0

	Vypočtená	max	Výsledná
V _n [t]:	36.0	32	32.0
V _r [t]:	73.4	80	73.4
V _e [t]:	171.6	180	171.6

souč. kombinace: ψ_{Q1} 0.75

souč. zatížení	
γ_G	1.35
γ_{Q1}	1.35

ξ	1.0
-------	-----

MEZNÍ STAV ÚNOSNOSTI

nosník	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
M_{Rd}	1037.4	1037.4	1037.4	1037.4	1037.4	1037.4	1037.4	1037.4	1037.4	1037.4	
$M_{Live\ 6.10a}$ [kNm]	599.07	600.17	620.89	635.47	631.1	612.59	606.31	606.83	593.89	589.1	= $M_{Rd} - 1.35*(g0+g) - 1.35*chod$
$M_{Live\ 6.10b}$ [kNm]	664.8	665.8	683.4	695.8	692.1	676.3	671.0	671.4	660.2	655.9	= $M_{Rd} - 0.85*1.35*(g0+g) - 1.35*chod$
M_{Vna} [kNm]	443.8	444.6	459.9	470.7	467.5	453.8	449.1	449.5	439.9	436.4	= $M_{Live\ 6.10a} / 1.35$
M_{Vnb} [kNm]	492.5	493.2	506.2	515.4	512.6	501.0	497.0	497.3	489.1	485.9	= $M_{Live\ 6.10b} / 1.35$
$V_{n,6.10a}$ [t]	51.9	55.3	54.2	49.4	58.7	67.2	75.0	123.5	195.6	301.1	= $M_{Vna} / \delta Vn / M1_{Vn} / 0.75 * 32$
$V_{n,6.10b}$ [t]	43.2	46.0	44.7	40.6	48.3	55.6	62.2	102.5	163.1	251.4	= $M_{Vnb} / \delta Vn / M1_{Vn} * 32$
M_{Vra} [kNm]	443.8	444.6	459.9	470.7	467.5	453.8	449.1	449.5	439.9	436.4	= $M_{Live\ 6.10a} / 1.35$
M_{Vrb} [kNm]	492.5	493.2	506.2	515.4	512.6	501.0	497.0	497.3	489.1	485.9	= $M_{Live\ 6.10b} / 1.35$
$V_{r,6.10a}$ [t]	103.0	104.6	125.8	169.7	142.6	137.9	168.4	279.0	541.5	1151	= $M_{Vra} / \delta Vr / M1_{Vr} / 0.75 * 800$
$V_{r,6.10b}$ [t]	85.8	87.0	103.9	139.4	117.3	114.2	139.8	231.5	451.5	961	= $M_{Vrb} * 10 / \delta Vr / M1_{Vr} * 800$
M_{Vea} [kNm]	443.8	444.6	459.9	470.7	467.5	453.8	449.1	449.5	439.9	436.4	= $M_{Live\ 6.10a} / 1.35$
M_{Veb} [kNm]	492.5	493.2	506.2	515.4	512.6	501.0	497.0	497.3	489.1	485.9	= $M_{Live\ 6.10b} / 1.35$
$V_{e,6.10a}$ [t]	513	353	266.1	242.1	245.9	238.7	299.8	519.3	1162.9	3219	= $M_{Vea} / \delta Ve / M1_{Ve} / 0.75 * 1800$
$V_{e,6.10b}$ [t]	427	294	219.7	198.8	202.2	197.6	248.8	430.9	969.6	2688	= $M_{Veb} / \delta Ve / M1_{Ve} * 1800$

MSP - CHARAKTERISTICKÁ KOMBINACE

	1121.9	1121.9	1121.9	1121.9	1121.9	1121.9	1121.9	1121.9	1121.9	1121.9	
M_{Live}	797.2	798.0	813.4	824.2	820.9	807.2	802.6	803.0	793.4	789.8	= $M_{Max} - (g0+g) - chod$
M_{Vn}	797.2	798.0	813.4	824.2	820.9	807.2	802.6	803.0	793.4	789.8	= M_{Live}
V_n	69.9	74.4	71.9	64.9	77.4	89.6	100.5	165.5	264.5	408.7	= $M_{Vn} / \delta Vn / M1_{Vn}$
M_{Vr}	797.2	798.0	813.4	824.2	820.9	807.2	802.6	803.0	793.4	789.8	= M_{Live}
V_r	138.8	140.8	166.9	222.9	187.8	183.9	225.7	373.8	732.4	1561.9	= $M_{Vr} / \delta Vr / M1_{Vr} * 800$
M_{Ve}	797.2	798.0	813.4	824.2	820.9	807.2	802.6	803.0	793.4	789.8	= M_{Live}
V_e	691	475.7	353.0	317.9	323.8	318.5	401.8	695.7	1572.9	4369.2	= $M_{Ve} / \delta Ve / M1_{Ve} * 1800$

MSP - ČASTÁ KOMBINACE

	641.0	641.0	641.0	641.0	641.0	641.0	641.0	641.0	641.0	641.0	
M_{Max}	641.0	641.0	641.0	641.0	641.0	641.0	641.0	641.0	641.0	641.0	
M_{Live}	316.3	317.1	332.4	343.2	340.0	326.3	321.6	322.0	312.4	308.9	= $M_{Max} - (g0+g)$
M_{Vn}	421.7	422.8	443.2	457.6	453.3	435.0	428.8	429.3	416.6	411.8	= $M_{Live} / 0.75$
V_n	37.0	39.4	39.2	36.0	42.7	48.3	53.7	88.5	138.9	213.1	= $M_{Vn} / \delta Vn / M1_{Vn}$
M_{Vr}	421.7	422.8	443.2	457.6	453.3	435.0	428.8	429.3	416.6	411.8	= $M_{Live} / 0.75$
V_r	73.4	74.6	90.9	123.7	103.7	99.1	120.6	199.9	384.6	814.4	= $M_{Vr} / \delta Vr / M1_{Vr} * 800$
M_{Ve}	421.7	422.8	443.2	457.6	453.3	435.0	428.8	429.3	416.6	411.8	= $M_{Live} / 0.75$
V_e	365.6	252.0	192.4	176.5	178.8	171.6	214.7	372.0	825.8	2278	= $M_{Ve} / \delta Ve / M1_{Ve} * 1800$

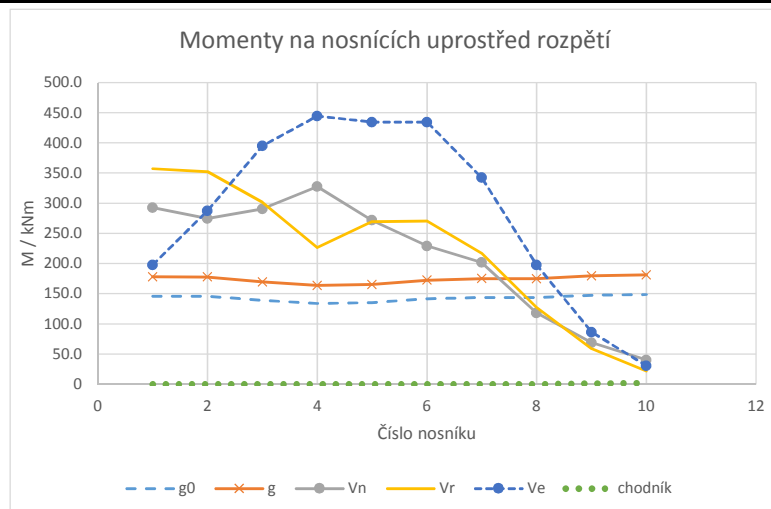
5.7 VÝSLEDNÉ VNITŘNÍ SÍLY A VÝPOČET ZATÍŽITELNOSTI NK - OSLABENÝ PRŮŘEZ

Vnitřní síla		M	M	M	M	M	M	M	M	M	M
Nosník č.		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
g0	[kNm]	146.2	145.9	138.9	134.0	135.6	142.0	144.0	143.7	147.6	148.8
g	[kNm]	178.5	178.0	169.6	163.8	165.4	172.7	175.4	175.3	179.9	181.3
V _n	[kNm]	293.1	274.8	290.6	327.6	271.9	229.1	201.9	118.3	68.9	40.4
V _r	[kNm]	357.2	352.5	301.6	226.4	269.5	270.6	217.3	127.2	59.1	22.1
V _e	[kNm]	197.7	287.6	395.0	444.5	434.6	434.5	342.5	197.9	86.5	31.0
brzdna Vn	[kNm]	11.1	11.1	11.1	11.1	11.1	11.1	11.1	11.1	11.1	11.1
brzdna Vr	[kNm]	10.3	10.3	10.3	10.3	10.3	10.3	10.3	10.3	10.3	10.3
chodník	[kNm]	0	0	0	0	0	0	0	0	1.0	2.0

g - Ostatní stálé zatížení

g0 - Vlastní tíha NK

Vnitřní síla		N _B	N _B	N _B	N _B	N _B	N _B	N _B	N _B	N _B	N _B
Nosník č.		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
brzdna Vn	[kN]	-11.4	-11.4	-7.9	-7.4	-4.4	-3.1	-1.6	-0.5	0.4	2.1
brzdna Vr	[kN]	-10.6	-10.5	-7.3	-6.9	-4.1	-2.8	-1.5	-0.5	0.4	1.9



ZATÍŽITELNOST PODLE VYZTUŽENÍ - OHYB NOSNÍKŮ

Součinitel stavu NK $\alpha [-]$:

1.0

	Vypočtená	max	Výsledná
V _n [t]:	21.2	32	21.2
V _r [t]:	42.0	80	42.0
V _e [t]:	100.5	180	100.5

souč. kombinace: ψ_{Q1} 0.75

souč. zatížení	
γ_G	1.35
γ_{Q1}	1.35

ξ	1.0
-------	-----

MEZNÍ STAV ÚNOSNOSTI

nosník	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
M_{Rd}	845.8	845.8	845.8	845.8	845.8	845.8	845.8	845.8	845.8	845.8	
$M_{Live\ 6.10a}$ [kNm]	407.42	408.53	429.25	443.83	439.46	420.95	414.67	415.19	402.25	397.46	$= M_{Rd} - 1.35 \cdot (g_0 + g) - 1.35 \cdot \text{chod}$
$M_{Live\ 6.10b}$ [kNm]	473.2	474.1	491.7	504.1	500.4	484.7	479.3	479.8	468.6	464.3	$= M_{Rd} - 0.85 \cdot 1.35 \cdot (g_0 + g) - 1.35 \cdot \text{chod}$
M_{Vna} [kNm]	301.8	302.6	318.0	328.8	325.5	311.8	307.2	307.5	298.0	294.4	$= M_{Live\ 6.10a} / 1.35$
M_{Vnb} [kNm]	350.5	351.2	364.2	373.4	370.7	359.0	355.1	355.4	347.1	343.9	$= M_{Live\ 6.10b} / 1.35$
$V_{n\ 6.10a}$ [t]	35.3	37.6	37.5	34.5	40.9	46.1	51.3	84.5	132.5	203.1	$= M_{Vna} / \delta V_n / M1_{Vn} / 0.75 \cdot 32$
$V_{n\ 6.10b}$ [t]	30.7	32.8	32.2	29.4	34.9	39.9	44.5	73.2	115.7	178.0	$= M_{Vnb} / \delta V_n / M1_{Vn} \cdot 32$
M_{Vra} [kNm]	301.8	302.6	318.0	328.8	325.5	311.8	307.2	307.5	298.0	294.4	$= M_{Live\ 6.10a} / 1.35$
M_{Vrb} [kNm]	350.5	351.2	364.2	373.4	370.7	359.0	355.1	355.4	347.1	343.9	$= M_{Live\ 6.10b} / 1.35$
$V_{r\ 6.10a}$ [t]	70.1	71.2	87.0	118.5	99.3	94.7	115.2	190.9	366.8	776	$= M_{Vra} / \delta V_r / M1_{Vr} / 0.75 \cdot 800$
$V_{r\ 6.10b}$ [t]	61.0	62.0	74.7	101.0	84.8	81.8	99.9	165.4	320.4	680	$= M_{Vrb} \cdot 10 / \delta V_r / M1_{Vr} \cdot 800$
M_{Vea} [kNm]	301.8	302.6	318.0	328.8	325.5	311.8	307.2	307.5	298.0	294.4	$= M_{Live\ 6.10a} / 1.35$
M_{Veb} [kNm]	350.5	351.2	364.2	373.4	370.7	359.0	355.1	355.4	347.1	343.9	$= M_{Live\ 6.10b} / 1.35$
$V_{e\ 6.10a}$ [t]	349	240	184.0	169.1	171.2	164.0	205.0	355.3	787.6	2172	$= M_{Vea} / \delta V_e / M1_{Ve} / 0.75 \cdot 1800$
$V_{e\ 6.10b}$ [t]	304	209	158.1	144.0	146.2	141.6	177.7	307.9	688.1	1903	$= M_{Veb} / \delta V_e / M1_{Ve} \cdot 1800$

MSP - CHARAKTERISTICKÁ KOMBINACE

	1113.4	1113.4	1113.4	1113.4	1113.4	1113.4	1113.4	1113.4	1113.4	1113.4	
M_{Live}	788.7	789.5	804.9	815.7	812.4	798.7	794.1	794.4	784.9	781.3	$= M_{Max} - (g_0 + g) - \text{chod}$
M_{Vn}	788.7	789.5	804.9	815.7	812.4	798.7	794.1	794.4	784.9	781.3	$= M_{Live}$
V_n	69.1	73.6	71.1	64.2	76.6	88.7	99.4	163.7	261.7	404.3	$= M_{Vn} / \delta V_n / M1_{Vn}$
M_{Vr}	788.7	789.5	804.9	815.7	812.4	798.7	794.1	794.4	784.9	781.3	$= M_{Live}$
V_r	137.4	139.3	165.2	220.6	185.8	182.0	223.3	369.8	724.6	1545.0	$= M_{Vr} / \delta V_r / M1_{Vr} \cdot 800$
M_{Ve}	788.7	789.5	804.9	815.7	812.4	798.7	794.1	794.4	784.9	781.3	$= M_{Live}$
V_e	684	470.6	349.3	314.6	320.5	315.1	397.5	688.3	1556.0	4322.0	$= M_{Ve} / \delta V_e / M1_{Ve} \cdot 1800$

MSP - ČASTÁ KOMBINACE

M_{Max}	505.8	505.8	505.8	505.8	505.8	505.8	505.8	505.8	505.8	505.8	
M_{Live}	181.1	181.9	197.2	208.0	204.8	191.1	186.4	186.8	177.2	173.7	$= M_{Max} - (g_0 + g)$
M_{Vn}	241.4	242.5	263.0	277.4	273.1	254.8	248.6	249.1	236.3	231.6	$= M_{Live} / 0.75$
V_n	21.2	22.6	23.2	21.8	25.7	28.3	31.1	51.3	78.8	119.8	$= M_{Vn} / \delta V_n / M1_{Vn}$
M_{Vr}	241.4	242.5	263.0	277.4	273.1	254.8	248.6	249.1	236.3	231.6	$= M_{Live} / 0.75$
V_r	42.0	42.8	54.0	75.0	62.5	58.1	69.9	116.0	218.2	457.9	$= M_{Vr} / \delta V_r / M1_{Vr} \cdot 800$
M_{Ve}	241.4	242.5	263.0	277.4	273.1	254.8	248.6	249.1	236.3	231.6	$= M_{Live} / 0.75$
V_e	209.3	144.6	114.1	107.0	107.7	100.5	124.4	215.8	468.5	1281	$= M_{Ve} / \delta V_e / M1_{Ve} \cdot 1800$

5.8 ÚNOSNOST PRVKŮ PILÍŘE

Poloha				konzola	vnitřní podpora	pole	základ pole	základ podpora	konzola - s oslabením
Materiál	Beton	η	[-]	1	1	1	1	1	1
		λ	[-]	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
		γ_c	[-]	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
		α_{cc}	[-]	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85
		f_{ck}	[MPa]	16	16	16	16	16	16
		f_{cd}	[MPa]	9.07	9.07	9.07	9.07	9.07	9.07
		σ_c	[MPa]	9.07	9.07	9.07	9.07	9.07	9.07
		E_c	[GPa]	30.0	30.0	34.0	34.0	34.0	30.0
		f_{ctm}	[MPa]	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9
		ε_{cu3}	[‰]	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5
	Ocel	γ_s	[-]	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15
		f_{yk}	[MPa]	379.5	379.5	379.5	379.5	379.5	379.5
		f_{yd}	[MPa]	330	330	330	330	330	330
		E_s	[GPa]	200	200	200	200	200	200
		ε_{yd}	[‰]	1.650	1.650	1.650	1.650	1.650	1.650
		ε_{ud}	[‰]	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0
Parametry průřezu	B. prvek	b	[m]	0.600	0.600	1.100	1.189	1.100	0.600
		h	[m]	0.700	0.700	0.700	1.700	1.700	0.700
		α_E	[m]	6.667	6.667	5.882	5.882	5.882	6.667
	Výztužné vložky	d_1	[m]	0.046	0.046	0.046	0.046	0.046	0.046
		d	[m]	0.654	0.654	0.654	1.654	1.654	0.654
		$\varnothing$	[mm]	20	20	20	20	20	20
		N_d	[ks]	11	18	7	9	9	9.4
		A_{s1}	[mm ²]	3456	5655	2199	2827	2827	2937
			[m ²]	0.003456	0.005655	0.002199	0.002827	0.002827	0.002937
		$A_{s,min}$		258	282	282	238	282	258
		$A_{s1} > A_{s,min}$		OK	OK	OK	OK	OK	OK
Posouzení MSÚ - Ohyb		x	[m]	0.262	0.429	0.091	0.108	0.117	0.223
		z	[m]	0.549	0.482	0.618	1.611	1.607	0.565
		F_{c1}	[kN]	1140.4	1866.1	725.7	933.1	933.1	969.3
		F_{s1}	[kN]	1140.4	1866.1	725.7	933.1	933.1	969.3
		ε_{s1}	[‰]	5.235	1.838	21.666	50.000	46.003	6.777
		M_{Rd}	[kNm]	626.3	900.4	448.2	1502.9	1499.6	547.6
		M_{Ed}	[kNm]	626.3	900.4	448.2	1502.9	1499.6	547.6
		$\varepsilon_{s1} > \varepsilon_{yd}$		OK	OK	OK	OK	OK	OK
		$\varepsilon_{s1} < \varepsilon_{ud}$		OK	OK	OK	OK	OK	OK
		M_{Ed}/M_{Rd}		100%	100%	100%	100%	100%	100%
		$M_{Ed} < M_{Rd}$		OK	OK	OK	OK	OK	OK

5.9 POSUDEK STATIVA - BEZ OSLABENÍ

		konzola	vnitřní podpora	pole	základ pole	základ podpora
Vnitřní síla		M	Mpos	M	M	M
g0	[kNm]	136.6	146.2	44.3	461.2	-290.0
g	[kNm]	160.9	140.3	49.1	320.2	-75.0
V _n	[kNm]	150.5	212.9	118.1	263.4	521.4
V _r	[kNm]	159.1	144.9	129.0	362.5	582.4
V _e	[kNm]	147.5	300.9	196.3	234.0	1107.1
brzdna Vn	[kNm]	21.6	16.5	3.2	11.2	17.3
brzdna Vr	[kNm]	20.0	15.2	3.0	10.4	16.0

g - Ostatní stálé zatížení
g0 - Vlastní tíha NK

Redukce momentu nad vnitřní podpěrou rámu

Mmod	Qmod	ΔM
kNm	kN	kNm
235.4	-297.5	-89.2
231.8	-305.0	-91.5
216.4	-11.6	-3.5
148.9	-13.4	-4.0
308.0	-23.7	-7.1
16.5	0	0
15.2	0	0

$$M_{pos} = M_{mod} + \Delta M$$

$$\Delta M = Q_{mod} * t / 2$$

$$t = 0.6 \text{ m}$$

Délka konzoly prut. model 1.95
Délka konzoly k líci stojky 1.65
Poměr redukce $1.65 / 1.95 = 0.8462$
Tímto poměrem jsou vnitřní síly na konzole přenášobeny

ZATÍŽITELNOST PODLE VYZTUŽENÍ - STATIVO

Součinitel stavu NK α [-]:

1.0

	Vypočtená	max	Výsledná
V _n [t]	32.7	32	32.0
V _r [t]	75.4	80	75.4
V _e [t]	220.1	180	180.0

souč. kombinace: ψ_{Q1} 0.75

souč. zatížení	
γ_G	1.35
γ_{Q1}	1.35

ξ	1.0
-------	-----

$$\delta_{Vn} [1]: 1.2$$

$$\delta_{Vr} [1]: 1.25$$

$$\delta_{Ve} [1]: 1.05$$

MEZNÍ STAV ÚNOSNOSTI

M _{Rd} =	626.3	900.4	448.2	1502.9	1499.6
M _{Live 6.10a} [kNm] =	224.6499	513.6	322.2	448.09	1992.387
M _{Live 6.10b} [kNm] =	284.9	571.6	341.1	606.3	1918.5
M _{Vna} [kNm] =	166.4	380.4	238.7	331.9	1475.8
M _{Vnb} [kNm] =	211.0	423.4	252.7	449.1	1421.1
V _{n,6.10a} [t] =	34.4	59.0	69.9	43.0	97.4
V _{n,6.10b} [t] =	32.7	49.2	55.5	43.6	70.3
M _{Vra} [kNm] =	166.4	380.4	238.7	331.9	1475.8
M _{Vrb} [kNm] =	211.0	423.4	252.7	449.1	1421.1
V _{r,6.10a} [t] =	79.3	202.7	154.3	76.0	210.5
V _{r,6.10b} [t] =	75.4	169.2	122.5	77.1	152.0
M _{Vea} [kNm] =	166.4	380.4	238.7	331.9	1475.8
M _{Veb} [kNm] =	211.0	423.4	252.7	449.1	1421.1
V _{e,6.10a} [t] =	258	289	277.9	324.2	304.7
V _{e,6.10b} [t] =	245	241	220.6	329.0	220.1

$$= M_{Rd} - 1.35 * (g_0 + g) - 1.35 * \text{chod}$$

$$= M_{Rd} - 0.85 * 1.35 * (g_0 + g) - 1.35 * \text{chod}$$

$$= M_{Live 6.10a} / 1.35$$

$$= M_{Live 6.10b} / 1.35$$

$$= M_{Vna} / \delta_{Vn} / M_{1Vn} / 0.75 * 32$$

$$= M_{Vnb} / \delta_{Vn} / M_{1Vn} * 32$$

$$= M_{Live 6.10a} / 1.35$$

$$= M_{Live 6.10b} / 1.35$$

$$= M_{Vra} / \delta_{Vr} / M_{1Vr} / 0.75 * 800$$

$$= M_{Vrb} * 10 / \delta_{Vr} / M_{1Vr} * 800$$

$$= M_{Live 6.10a} / 1.35$$

$$= M_{Live 6.10b} / 1.35$$

$$= M_{Vea} / \delta_{Ve} / M_{1Ve} / 0.75 * 1800$$

$$= M_{Veb} / \delta_{Ve} / M_{1Ve} * 1800$$

5.10 POSUDEK STATIVA - S OSLABENÍM

		konzola	vnitřní podpora	pole	základ pole	základ podpora	
Vnitřní síla		M	Mpos	M	M	M	
g0	[kNm]	136.6	146.2	44.3	461.2	-290.0	
g	[kNm]	160.9	140.3	49.1	320.2	-75.0	
V _n	[kNm]	150.5	212.9	118.1	263.4	521.4	
V _r	[kNm]	159.1	144.9	129.0	362.5	582.4	
V _e	[kNm]	147.5	300.9	196.3	234.0	1107.1	
brzdna V _n	[kNm]	21.6	16.5	3.2	11.2	17.3	
brzdna V _r	[kNm]	20.0	15.2	3.0	10.4	16.0	

g -	Ostatní stálé zatížení
g0 -	Vlastní tíha NK

Redukce momentu nad vnitřní podpěrou rámu			
Mmod	Qmod	ΔM	Mpos = Mmod + ΔM
kNm	kN	kNm	
235.4	-297.5	-89.2	ΔM = Qmod * t / 2
231.8	-305.0	-91.5	
216.4	-11.6	-3.5	t = 0.6 m
148.9	-13.4	-4.0	
308.0	-23.7	-7.1	
16.5	0	0	
15.2	0	0	

Délka konzoly prut. model	1.95
Délka konzoly k líci stojky	1.65
Poměr redukce	1.65 / 1.95 = 0.8462
Tímto poměrem jsou vnitřní síly na konzole přenášobeny	

ZATÍŽITELNOST PODLE VYZTUŽENÍ - STATIVO

Součinitel stavu NK α [-]:

1.0

	Vypočtená	max	Výsledná
V _n [t]	22.3	32	22.3
V _r [t]	51.5	80	51.5
V _e [t]	167.6	180	167.6

souč. kombinace: Ψ_{Q1} 0.75

souč. zatížení	
γ_G	1.35
γ_{Q1}	1.35

ξ	1.0
-------	-----

δ_{Vn} [1]:	1.2
δ_{Vr} [1]:	1.25
δ_{Ve} [1]:	1.05

MEZNÍ STAV ÚNOSNOSTI

M _{Rd} =	547.6	900.4	448.2	1502.9	1499.6	
M _{Live 6.10a} [kNm] =	145.947	513.6	322.2	448.09	1992.387	= M _{Rd} - 1.35*(g0+g) - 1.35*chod
M _{Live 6.10b} [kNm] =	206.2	571.6	341.1	606.3	1918.5	= M _{Rd} - 0.85*1.35*(g0+g) - 1.35*chod
M _{Vna} [kNm] =	108.1	380.4	238.7	331.9	1475.8	= M _{Live 6.10a} / 1.35
M _{Vnb} [kNm] =	152.7	423.4	252.7	449.1	1421.1	= M _{Live 6.10b} / 1.35
V _{n,6.10a} [t] =	22.3	59.0	69.9	43.0	97.4	= M _{Vna} / δVn / M1 _{Vn} / 0.75 * 32
V _{n,6.10b} [t] =	23.7	49.2	55.5	43.6	70.3	= M _{Vnb} / δVn / M1 _{Vn} * 32
M _{Vra} [kNm] =	108.1	380.4	238.7	331.9	1475.8	= M _{Live 6.10a} / 1.35
M _{Vrb} [kNm] =	152.7	423.4	252.7	449.1	1421.1	= M _{Live 6.10b} / 1.35
V _{r,6.10a} [t] =	51.5	202.7	154.3	76.0	210.5	= M _{Vra} / δVr / M1 _{Vr} / 0.75 * 800
V _{r,6.10b} [t] =	54.6	169.2	122.5	77.1	152.0	= M _{Vrb} * 10 / δVr / M1 _{Vr} * 800
M _{Vea} [kNm] =	108.1	380.4	238.7	331.9	1475.8	= M _{Live 6.10a} / 1.35
M _{Veb} [kNm] =	152.7	423.4	252.7	449.1	1421.1	= M _{Live 6.10b} / 1.35
V _{e,6.10a} [t] =	168	289	277.9	324.2	304.7	= M _{Vea} / δVe / M1 _{Ve} / 0.75 * 1800
V _{e,6.10b} [t] =	178	241	220.6	329.0	220.1	= M _{Veb} / δVe / M1 _{Ve} * 1800

5.11 INTERAKČNÍ DIAGRAM STOKY STANOVENÝ PROGRAMEM IDEA STATICA - BEZ OSLABENÍ

1 Data projektu

Datum vytvoření protokolu 15. 9. 2020
Verze 20.1.5544.1

Národní norma

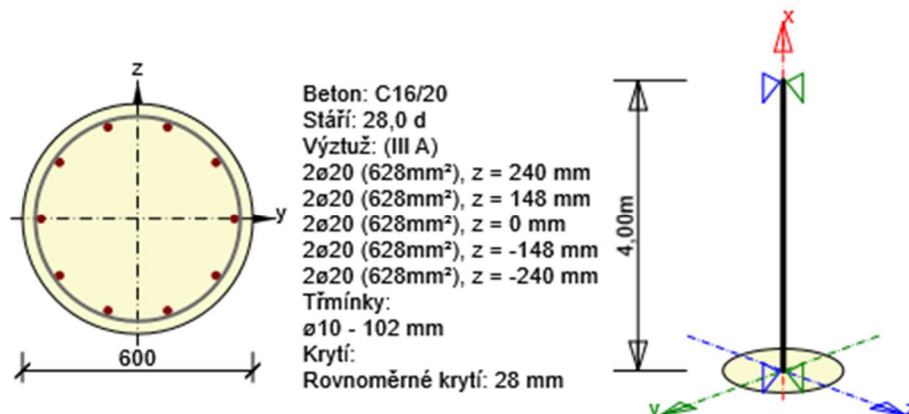
Národní norma	EN 1992-1-1:2014-12
Návrhová životnost	50 let

2 Posouzení řezů

2.1 Řez S 1

2.1.1 Extrém S 1 - E 1

Dimenzační dílec	M 1
Vyztužený průřez	R 1



2.1.1.1 Účinky zatížení - vnitřní síly

Typ zatížení	Typ kombinace	N [kN]	V _y [kN]	V _z [kN]	T [kNm]	M _y [kNm]	M _z [kNm]
Celkové	Základní MSÚ	-1000,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Celkové	Charakteristická	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Celkové	Kvazistálá	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Začátek	Základní MSÚ	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Konec	Základní MSÚ	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Začátek	Mimořádná	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Konec	Mimořádná	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
-------	-----------	-----	-----	-----	-----	-----	-----

2.1.1.2 Přepoččet vnitřních sil (účinky druhého řádu a imperfekcí)

Mezní stav únosnosti - základní kombinace zatížení

Osa	N_{Ed} [kN]	$M_{Ed,y/z}$ [kNm]	$M_{0,y/z}$ [kNm]	$M_{i,y/z}$ [kNm]	$M_{0Ed,y/z}$ [kNm]	$M_{2,y/z}$ [kNm]	$e_{0,y/z}$ [mm]	$e_{i,y/z}$ [mm]	$e_{0Ed,y/z}$ [mm]	$e_{2,y/z}$ [mm]	$e_{Ed,y/z}$ [mm]
y	-1000,0	40,1	0,0	10,0	20,0	20,1	0	10	20	20	40
y vyp		40,1			20,0	20,1			20	20	40
z	-1000,0	0,0	0,0	10,0	0,0	0,0	0	10	0	0	0
z vyp		0,0			0,0	0,0			0	0	0

Prostorový ohyb

λ_y / λ_z	λ_z / λ_y	$(e_y / h_{eq}) / (e_z / b_{eq})$	$(e_z / b_{eq}) / (e_y / h_{eq})$	Podmínka posudku
1,00	1,00	0,00	+nekonečno	Vyhovuje

Upozornění

Upozornění	
	Minimální excentricita je aplikována dle 6.1. (4)
	Podmínky pro prostorový ohyb (5.38a) a (5.38b) podle čl. 5.8.9 jsou splněny, proto lze provést samostatný návrh v každém hlavním směru. Působíště normálové síly bude uvažováno pouze ve směru větší štíhlosti.

Štíhlost

Osa	I [m]	I_0 [m]	i [mm]	A [-]	B [-]	C [-]	n [-]	λ [-]	λ_{lim} [-]	$\lambda \leq \lambda_{lim}$
$y^\perp$	4,00	4,00	150	0,67	1,30	0,70	0,33	26,68	21,18	II. řádu
$z^\perp$	4,00	4,00	150	0,67	1,30	0,70	0,33	26,68	21,18	II. řádu

Jmenovitá křivost

Osa	K _r [-]	K _φ [-]	φ ^{eff} [-]	1/r ₀ [1/m]	1/r [1/m]	n _u [-]	n _{bal} [-]	c [-]	d [mm]	β [-]
y⊥	1,00	1,62	2,45	0,01	0,01	1,34	0,40	9,87	478	0,25
z⊥	1,00	1,62	2,45	0,01	0,01	1,34	0,40	9,87	478	0,25
Osa	θ _i [-]	α _m [-]	α _h [-]	ρ _m [-]	M ₀₁ [kNm]	M ₀₂ [kNm]				
y⊥	0,01	1,00	1,00	1,00	0,0	0,0				
z⊥	0,01	1,00	1,00	1,00	0,0	0,0				
A _c [mm ²]		A _s [mm ²]	ω [-]	φ [-]	ε _{yd} [1e-4]					
282385		3142	0.34	2.45	16.5					

Vysvětlení

Symbol	Vysvětlení
Osa	Přepočtené účinky od dvouosého ohybu
N_{Ed}	Návrhová normálová síla
$M_{Ed,y/z}$	Celkový návrhový ohybový moment kolem osy y, respektive z
$M_{0,y/z}$	Ohybový moment prvního řádu kolem osy y, respektive z
$M_{1,y/z}$	Ohybový moment kolem osy y, respektive z, způsobený imperfekcemi
$M_{0Ed,y/z}$	Ohybový moment prvního řádu kolem osy y, respektive z, včetně vlivu imperfekcí
$M_{2,y/z}$	Jmenovitý moment druhého řádu kolem osy y, respektive z
$e_{0,y/z}$	Výstřednost prvního řádu k ose z, respektive y
$e_{0Ed,y/z}$	Výstřednost prvního řádu k ose z, respektive y, včetně vlivu imperfekcí
$e_{2,y/z}$	Výstřednost k ose z, respektive y, způsobená účinky druhého řádu
$e_{Ed,y/z}$	Celková výstřednost k ose z, respektive y, včetně účinků druhého řádu
l	Délka tlačného prvku
l_0	Účinná délka kolmo k ose
A	Dílčí hodnoty pro určení mezní štíhlosti, viz čl. 5.8.3.1 (1)
B	Dílčí hodnoty pro určení mezní štíhlosti, viz čl. 5.8.3.1 (1)
C	Dílčí hodnoty pro určení mezní štíhlosti, viz čl. 5.8.3.1 (1)
n	Poměrná normálová síla
λ	Štíhlostní poměr k ose y, respektive z
λ_{lim}	Mezní štíhlost k ose y, respektive z

2.1.1.3 Souhrn

Rozhodující typ posudku	N_{Ed} [kN]	$M_{Ed,y}$ [kNm]	$M_{Ed,z}$ [kNm]	V_{Ed} [kN]	T_{Ed} [kNm]	Hodnota [%]	Posudek
Únosnost N-M-M	-1000,0	40,1	0,0			29,8	OK
Typ posudku	N_{Ed} [kN]	$M_{Ed,y}$ [kNm]	$M_{Ed,z}$ [kNm]	V_{Ed} [kN]	T_{Ed} [kNm]	Hodnota [%]	Posudek
Únosnost N-M-M	-1000,0	40,1	0,0			29,8	OK
Smyk	-1000,0			0,0	0,0	0,0	OK
Kroucení					0,0	0,0	OK
Interakce	-1000,0	40,1	0,0	0,0	0,0	0,0	OK
Omezení napětí	0,0	0,0	0,0			0,0	OK
Šířka trhliny	0,0	0,0	0,0			0,0	OK
Osa				l_0 [m]	λ [-]	λ_{lim} [-]	
Štíhlost $y^\perp$				4,00	26,68	21,18	
Štíhlost $z^\perp$				4,00	26,68	21,18	

Mezní hodnota využití průřezu: 100,0 %

Upozornění

	Upozornění
	Minimální excentricita je aplikována dle 6.1. (4)
	Podmínky pro prostorový ohyb (5.38a) a (5.38b) podle čl. 5.8.9 jsou splněny, proto lze provést samostatný návrh v každém hlavním směru. Působíště normálové síly bude uvažováno pouze ve směru větší štíhlosti.

⚠	Pro posouzení smyku byla použita výchozí hodnota účinné výšky průřezu (z nastavení normy)
⚠	Pro posouzení smyku byla použita výchozí hodnota ramene vnitřních sil (z nastavení normy)
⚠	Smyk je přenesen betonem, smyková výztuž je požadována z hlediska konstrukčních zásad, viz 6.2.2
ℹ	Posouzení interakce smyku, krutu a ohybu nebylo provedeno. Posudek není nutný, protože smyková síla a krouticí moment jsou nulové.
⚠	Vnitřní síly od charakteristické kombinace jsou rovny nule. Z vypočtené roviny přetvoření, která je taktéž rovna nule, nelze vyhodnotit extrémní napětí a k nim správně nastavit limitní hodnoty.
⚠	Vnitřní síly od kvazistálé kombinace jsou rovny nule. Z vypočtené roviny přetvoření, která je taktéž rovna nule, nelze vyhodnotit extrémní napětí a k nim správně nastavit limitní hodnoty.

2.1.1.4 Únosnost N-M-M

Výsledky prezentovány pro kombinaci : Základní MSÚ

N_{Ed} [kN]	$M_{Ed,y}$ [kNm]	$M_{Ed,z}$ [kNm]	Typ	Hodnota [%]	Mez [%]	Posudek
-1000,0	40,1	0,0	Nu-Mu-Mu	29,8	100,0	OK

Návrhová únosnost při působení ohybového momentu a normálové síly

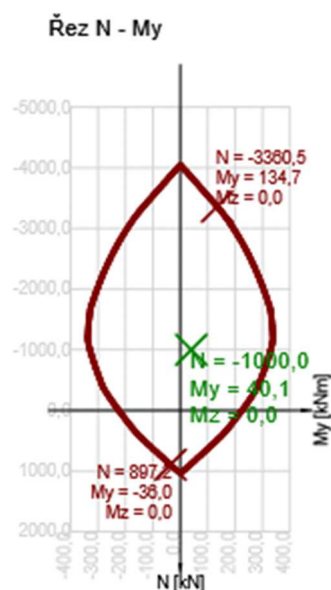
Typ	F_{Ed}	F_{Rd1}	F_{Rd2}
N [kN]	-1000,0	-3360,5	897,2
M_y [kNm]	40,1	134,7	-36,0
M_z [kNm]	0,0	0,0	0,0

Přepočet vnitřních sil (účinky druhého řádu a imperfekcí)

Osa	N_{Ed} [kN]	$M_{Ed,y/z}$ [kNm]	$M_{0,y/z}$ [kNm]	$M_{0Ed,y/z}$ [kNm]	$M_{2,y/z}$ [kNm]
Y	-1000,0	40,1	0,0	20,0	20,1
Z	-1000,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Upozornění

Upozornění	
ℹ	Minimální excentricita je aplikována dle 6.1. (4)
ℹ	Podmínky pro prostorový ohyb (5.38a) a (5.38b) podle čl. 5.8.9 jsou splněny, proto lze provést samostatný návrh v každém hlavním směru. Působíště normálové síly bude uvažováno pouze ve směru větší štíhlosti.



Vysvětlení

Symbol	Vysvětlení
N_{Ed}	Návrhová hodnota působící normálové síly od vnějšího stálého a proměnného zatížení a sekundárních účinků předpětí
$M_{Ed,y}$	Návrhová hodnota ohybového momentu působícího okolo osy y od vnějšího stálého a proměnného zatížení a sekundárních účinků předpětí
$M_{Ed,z}$	Návrhová hodnota ohybového momentu působícího okolo osy z od vnějšího stálého a proměnného zatížení a sekundárních účinků předpětí
T_{yp}	$N_u-M_u-M_u$: Únosnost průřezu je určena za předpokladu proporcionální změny všech složek působících vnitřních sil (excentricita normálové síly zůstává konstantní) až do okamžiku dosažení interakční plochy. Změnu působících vnitřních sil lze interpretovat jako pohyb podél přímky spojující počátek souřadné soustavy (0,0,0) a bod určený působícími vnitřními silami (N_{Ed} , $M_{Ed,y}$, $M_{Ed,z}$). Dva průsečíky této přímky s interakční plochou, které lze nalézt, reprezentují dvě sady sil na mezi únosnosti. V každém průsečíku určí program tři síly na mezi únosnosti: návrhovou únosnost N_{Rd} a odpovídající návrhové únosnosti v ohybu $M_{Rd,y}$, $M_{Rd,z}$.
Hodnota	Vypočtená hodnota využití průřezu nebo části průřezu (např. výztužné vložky) vztahená k mezní hodnotě
Mez	Mezní hodnota využití průřezu
Posudek	Výsledek posouzení průřezu
F_{Ed}	Návrhová hodnota působící síly od vnějšího zatížení (bez účinků předpětí)
F_{Rd1}	První sada sil na mezi únosnosti odpovídající prvnímu průsečíku na interakční ploše
F_{Rd2}	Druhá sada sil na mezi únosnosti odpovídající druhému průsečíku na interakční ploše
$M_{Ed,y/z}$	Celkový návrhový ohybový moment kolem osy y, respektive z
$M_{0,y/z}$	Ohybový moment prvního řádu kolem osy y, respektive z
$M_{0Ed,y/z}$	Ohybový moment prvního řádu kolem osy y, respektive z, včetně vlivu imperfekcí
$M_{2,y/z}$	Jmenovitý moment druhého řádu kolem osy y, respektive z

3 Seznam dimenzačních dílců

Dimenzační dílec M 1

Typ prvku	Tlačený prvek
Stupeň vlivu prostředí	XC3, XD1
Relativní vlhkost	65 %
Φ_{inf}	Vypočtený
Význam nosného prvku	Velký

Imperfekce, vzpěr

L	4,00 m
Účinná délka	Podle podpor

Uložení tlačeného prvku

Směr	$y^{\perp}$	$z^{\perp}$
Konec	Kloub	Kloub
Počátek	Kloub	Kloub

Geometrické imperfekce

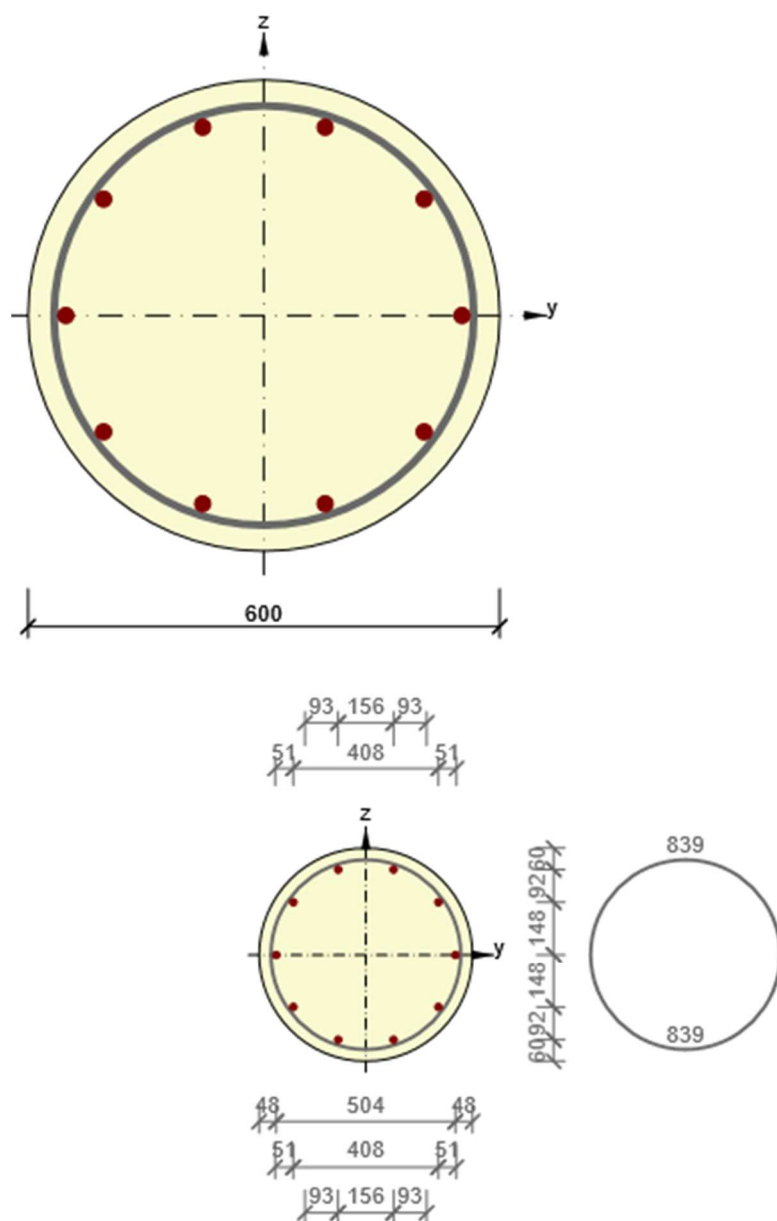
Použít pro MSÚ	Ano
Použít pro MSP	Ne
Uvažovaný účinek	Osamělý prvek
Směr imperfekcí	Z nastavení normy

Účinky druhého řádu

Analýza účinků druhého řádu	Ano
Ztužení kolmo k ose y	Ne
Ztužení kolmo k ose z	Ne
Použitá metoda	Jmenovitá křivost
Součinitel c k ose y	Zadaný uživatelem
$c_{y^{\perp}}$	9,87
Součinitel c k ose z	Zadaný uživatelem
$c_{z^{\perp}}$	9,87

4 Seznam vyztužených průřezů

Vyztužený průřez R 1



Kruhový průřez (Průměr 600mm), Materiál: C16/20

Průřezové charakteristiky

A [mm ²]	S _y [mm ³]	S _z [mm ³]	I _y [mm ⁴]	I _z [mm ⁴]	C _{gy} [mm]	C _{gz} [mm]	i _y [mm]	i _z [mm]
282385	0	0	6345594456	6345594456	0	0	150	150

Krytí k hranám průřezu

Rovnoměrné	28 mm
------------	-------

Podélná výztuž [kg/m]	Smyková výztuž [kg/m]	Celková hmotnost [kg/m]	Výztuž / m3 betonu [kg/m³]
25	10	35	123

Podélná výztuž

Vložka	Ø [mm]	Materiál	Y [mm]	Z [mm]
1	20	III A	252	0
2	20	III A	204	148
3	20	III A	78	240
4	20	III A	-78	240
5	20	III A	-204	148
6	20	III A	-252	0
7	20	III A	-204	-148
8	20	III A	-78	-240
9	20	III A	78	-240
10	20	III A	204	-148

Třmínky

Třmínek	Ø [mm]	Materiál	Vzdálenost [mm]	Uzavřený	Posudek smyku	Posudek kroucení	Průměr zaoblení
1	10	III A	102	Ano	Ano	Ano	0,00

Třmínek	Vrchol	Y [mm]	Z [mm]
1	1	267	0
1	2	254	83
1	3	216	157
1	4	157	216
1	5	83	254
1	6	0	267
1	7	-83	254
1	8	-157	216
1	9	-216	157
1	10	-254	83
1	11	-267	0
1	12	-254	-83
1	13	-216	-157
1	14	-157	-216
1	15	-83	-254
1	16	0	-267
1	17	83	-254
1	18	157	-216
1	19	216	-157
1	20	254	-83

1	21	267	0
---	----	-----	---

5 Seznam použitých materiálů

Beton

Název	f_{ck} [MPa]	f_{cm} [MPa]	f_{ctm} [MPa]	E_{cm} [MPa]	μ [-]	Jednotková hmotnost [kg/m ³]
C16/20	16,0	24,0	1,9	28607,9	0,20	2500
$\epsilon_{c2} = 20,0 \cdot 10^{-4}$, $\epsilon_{cu2} = 35,0 \cdot 10^{-4}$, $\epsilon_{c3} = 17,5 \cdot 10^{-4}$, $\epsilon_{cu3} = 35,0 \cdot 10^{-4}$, Exponent - n: 2,00, Rozměr zrna kameniva = 16 mm, Třída cementu: R (s = 0,20), Typ diagramu: Parabolický						

Vysvětlení

Symbol	Vysvětlení
f_{ck}	Charakteristická válcová pevnost betonu v tlaku ve stáří 28 dní
f_{cm}	Průměrná hodnota válcové pevnosti betonu v tlaku
f_{ctm}	Průměrná hodnota pevnosti betonu v dostředném tahu
E_{cm}	Sečnový modul pružnosti betonu
ϵ_c	Poměrné přetvoření betonu v tlaku při dosažení maximálního napětí f_c
ϵ_{cu}	Mezní poměrné přetvoření betonu v tlaku

Betonářská ocel

Název	f_{yk} [MPa]	f_{tk} [MPa]	E [MPa]	μ [-]	Jednotková hmotnost [kg/m ³]
III A	379,0	379,0	200000,0	0,20	7850
$f_{tk}/f_{yk} = 1,08$, $\epsilon_{uk} = 500,0 \cdot 10^{-4}$, Typ: Vložky, Povrch výztuže: Žebírkový, Třída: A, Výroba: Za tepla válcovaná, Typ diagramu: Bilineární s vodorovnou horní větví					

Vysvětlení

Symbol	Vysvětlení
f_{yk}	Charakteristická mez kluzu betonářské výztuže
f_{tk}	Charakteristická pevnost v tahu betonářské výztuže
E	Modul pružnosti výztužné oceli
ϵ_{uk}	Charakteristické poměrné přetvoření betonářské nebo předpínací oceli při maximálním zatížení

5.12 INTERAKČNÍ DIAGRAM STOKY STANOVENÝ PROGRAMEM IDEA STATICA - S OSLABENÍM

1 Data projektu

Datum vytvoření protokolu 15. 9. 2020
Verze 20.1.5544.1

Národní norma

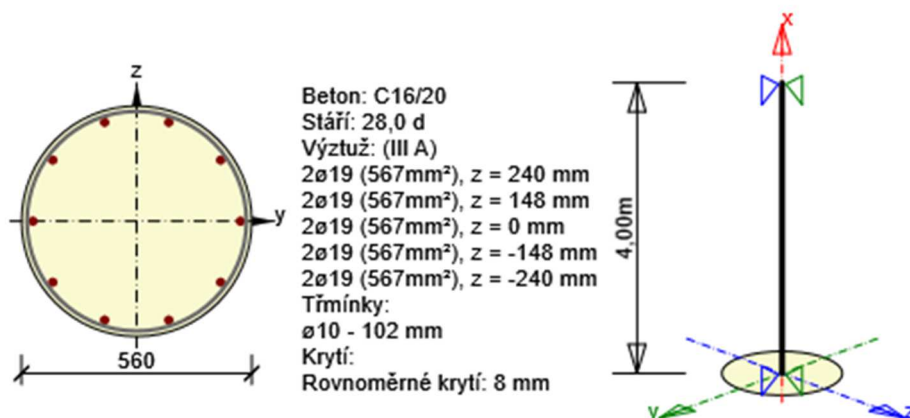
Národní norma	EN 1992-1-1:2014-12
Návrhová životnost	50 let

2 Posouzení řezů

2.1 Řez S 1

2.1.1 Extrém S 1 - E 1

Dimenzační dílec	M 1
Vyztužený průřez	R 1



2.1.1.1 Účinky zatížení - vnitřní síly

Typ zatížení	Typ kombinace	N [kN]	V _y [kN]	V _z [kN]	T [kNm]	M _y [kNm]	M _z [kNm]
Celkové	Základní MSÚ	-1000,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Celkové	Charakteristická	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Celkové	Kvazistálá	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Začátek	Základní MSÚ	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Konec	Základní MSÚ	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Začátek	Mimořádná	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Konec	Mimořádná	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

2.1.1.2 Přepoččet vnitřních sil (účinky druhého řádu a imperfekcí)

Osa	N_{ed} [kN]	$M_{Ed,y/z}$ [kNm]	$M_{0,y/z}$ [kNm]	$M_{1,y/z}$ [kNm]	$M_{0Ed,y/z}$ [kNm]	$M_{2,y/z}$ [kNm]	$e_{0,y/z}$ [mm]	$e_{1,y/z}$ [mm]	$e_{0Ed,y/z}$ [mm]	$e_{2,y/z}$ [mm]	$e_{Ed,y/z}$ [mm]
y	-1000,0	40,6	0,0	10,0	20,0	20,6	0	10	20	21	41
y vyp		40,6			20,0	20,6			20	21	41
z	-1000,0	0,0	0,0	10,0	0,0	0,0	0	10	0	0	0
z vyp		0,0			0,0	0,0			0	0	0

Prostorový ohyb

λ_y / λ_z	λ_z / λ_y	$(e_y / h_{eq}) / (e_z / b_{eq})$	$(e_z / b_{eq}) / (e_y / h_{eq})$	Podmínka posudku
1,00	1,00	0,00	+nekonečno	Vyhovuje

Upozornění

	Upozornění
	Minimální excentricita je aplikována dle 6.1. (4)
	Podmínky pro prostorový ohyb (5.38a) a (5.38b) podle čl. 5.8.9 jsou splněny, proto lze provést samostatný návrh v každém hlavním směru. Působíště normálové síly bude uvažováno pouze ve směru větší štíhlosti.

Štíhlost

Osa	I [m]	I_0 [m]	i [mm]	A [-]	B [-]	C [-]	n [-]	λ [-]	λ_{lim} [-]	$\lambda \leq \lambda_{lim}$
$y^\perp$	4,00	4,00	140	0,67	1,31	0,70	0,38	28,59	19,85	II. řádu
$z^\perp$	4,00	4,00	140	0,67	1,31	0,70	0,38	28,59	19,85	II. řádu

Jmenovitá křivost

Osa	K_r [-]	K_ϕ [-]	ϕ_{eff} [-]	$1/r_0$ [1/m]	$1/r$ [1/m]	n_u [-]	n_{bal} [-]	c [-]	d [mm]	β [-]
$y^\perp$	1,00	1,59	2,47	0,01	0,01	1,36	0,40	9,87	459	0,24
$z^\perp$	1,00	1,59	2,47	0,01	0,01	1,36	0,40	9,87	459	0,24

Osa	θ_i [-]	α_m [-]	α_h [-]	ρ_m [-]	M_{01} [kNm]	M_{02} [kNm]
$y^\perp$	0,01	1,00	1,00	1,00	0,0	0,0
$z^\perp$	0,01	1,00	1,00	1,00	0,0	0,0

A_c [mm ²]	A_s [mm ²]	ω [-]	ϕ [-]	ϵ_{yd} [1e-4]
245988	2835	0,36	2,47	16,5

Vysvětlení

Symbol	Vysvětlení
Osa	Přepočtené účinky od dvouosého ohybu
N_{ed}	Návrhová normálová síla
$M_{Ed,y/z}$	Celkový návrhový ohybový moment kolem osy y, respektive z
$M_{0,y/z}$	Ohybový moment prvního řádu kolem osy y, respektive z
$M_{1,y/z}$	Ohybový moment kolem osy y, respektive z, způsobený imperfekcemi
$M_{0Ed,y/z}$	Ohybový moment prvního řádu kolem osy y, respektive z, včetně vlivu imperfekcí
$M_{2,y/z}$	Jmenovitý moment druhého řádu kolem osy y, respektive z
$e_{0,y/z}$	Výstřednost prvního řádu k ose z, respektive y
$e_{0Ed,y/z}$	Výstřednost prvního řádu k ose z, respektive y, včetně vlivu imperfekcí
$e_{2,y/z}$	Výstřednost k ose z, respektive y, způsobená účinky druhého řádu

$e_{Ed,y/z}$	Celková výstřednost k ose z, respektive y, včetně účinků druhého řádu
l	Délka tlačeního prvku
l_0	Účinná délka kolmo k ose
A	Dílčí hodnoty pro určení mezní štíhlosti, viz čl. 5.8.3.1 (1)
B	Dílčí hodnoty pro určení mezní štíhlosti, viz čl. 5.8.3.1 (1)
C	Dílčí hodnoty pro určení mezní štíhlosti, viz čl. 5.8.3.1 (1)
n	Poměrná normálová síla
λ	Štíhlostní poměr k ose y, respektive z
λ_{lim}	Mezní štíhlost k ose y, respektive z

2.1.1.3 Souhrn

Rozhodující typ posudku	N_{Ed} [kN]	$M_{Ed,y}$ [kNm]	$M_{Ed,z}$ [kNm]	V_{Ed} [kN]	T_{Ed} [kNm]	Hodnota [%]	Posudek
Únosnost N-M-M	-1000,0	40,6	0,0			34,4	OK
Typ posudku	N_{Ed} [kN]	$M_{Ed,y}$ [kNm]	$M_{Ed,z}$ [kNm]	V_{Ed} [kN]	T_{Ed} [kNm]	Hodnota [%]	Posudek
Únosnost N-M-M	-1000,0	40,6	0,0			34,4	OK
Smyk	-1000,0			0,0	0,0	0,0	OK
Kroucení					0,0	0,0	OK
Interakce	-1000,0	40,6	0,0	0,0	0,0	0,0	OK
Omezení napětí	0,0	0,0	0,0			0,0	OK
Šířka trhliny	0,0	0,0	0,0			0,0	OK
Osa				l_0 [m]	λ [-]	λ_{lim} [-]	
Štíhlost $y^\perp$				4,00	28,59	19,85	
Štíhlost $z^\perp$				4,00	28,59	19,85	

Mezní hodnota využití průřezu: 100,0 %

2.1.1.4 Únosnost N-M-M

Výsledky prezentovány pro kombinaci : Základní MSÚ

N_{Ed} [kN]	$M_{Ed,y}$ [kNm]	$M_{Ed,z}$ [kNm]	Typ	Hodnota [%]	Mez [%]	Posudek
-1000,0	40,6	0,0	Nu-Mu-Mu	34,4	100,0	OK

Návrhová únosnost při působení ohybového momentu a normálové síly

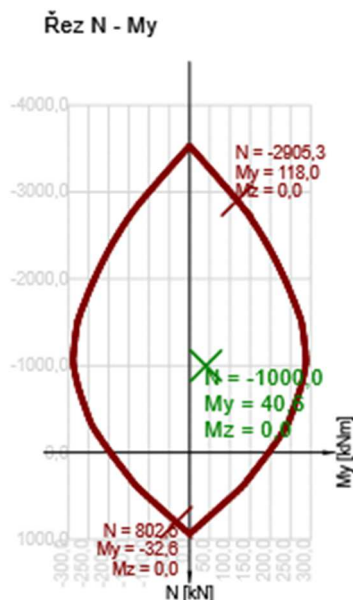
Typ	F_{Ed}	F_{Rd1}	F_{Rd2}
N [kN]	-1000,0	-2905,3	802,6
M_y [kNm]	40,6	118,0	-32,6
M_z [kNm]	0,0	0,0	0,0

Přepočet vnitřních sil (účinky druhého řádu a imperfekcí)

Osa	N_{Ed} [kN]	$M_{Ed,y/z}$ [kNm]	$M_{0,y/z}$ [kNm]	$M_{0Ed,y/z}$ [kNm]	$M_{2,y/z}$ [kNm]
Y	-1000,0	40,6	0,0	20,0	20,6
Z	-1000,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Upozornění

	Upozornění
	Minimální excentricita je aplikována dle 6.1. (4)
	Podmínky pro prostorový ohyb (5.38a) a (5.38b) podle čl. 5.8.9 jsou splněny, proto lze provést samostatný návrh v každém hlavním směru. Působíště normálové síly bude uvažováno pouze ve směru větší štíhlosti.



Vysvětlení

Symbol	Vysvětlení
N_{Ed}	Návrhová hodnota působící normálové síly od vnějšího stálého a proměnného zatížení a sekundárních účinků předpětí
$M_{Ed,y}$	Návrhová hodnota ohybového momentu působícího okolo osy y od vnějšího stálého a proměnného zatížení a sekundárních účinků předpětí
$M_{Ed,z}$	Návrhová hodnota ohybového momentu působícího okolo osy z od vnějšího stálého a proměnného zatížení a sekundárních účinků předpětí
Typ	N_u - M_u - M_u : Únosnost průřezu je určena za předpokladu proporcionální změny všech složek působících vnitřních sil (excentricita normálové síly zůstává konstantní) až do okamžiku dosažení interakční plochy. Změnu působících vnitřních sil lze interpretovat jako pohyb podél přímky spojující počátek souřadné soustavy (0,0,0) a bod určený působícími vnitřními silami (N_{Ed} , $M_{Ed,y}$, $M_{Ed,z}$). Dva průsečíky této přímky s interakční plochou, které lze nalézt, reprezentují dvě sady sil na mezi únosnosti. V každém průsečíku určí program tři síly na mezi únosnosti: návrhovou únosnost N_{Rd} a odpovídající návrhové únosnosti v ohybu M_{Rdy} , M_{Rdz} .
Hodnota	Vypočtená hodnota využití průřezu nebo části průřezu (např. výztužné vložky) vztažená k mezní hodnotě
Mez	Mezní hodnota využití průřezu
Posudek	Výsledek posouzení průřezu
F_{Ed}	Návrhová hodnota působící síly od vnějšího zatížení (bez účinků předpětí)
F_{Rd1}	První sada sil na mezi únosnosti odpovídající prvnímu průsečíku na interakční ploše
F_{Rd2}	Druhá sada sil na mezi únosnosti odpovídající druhému průsečíku na interakční ploše
$M_{Ed,y/z}$	Celkový návrhový ohybový moment kolem osy y, respektive z
$M_{0,y/z}$	Ohybový moment prvního řádu kolem osy y, respektive z
$M_{0Ed,y/z}$	Ohybový moment prvního řádu kolem osy y, respektive z, včetně vlivu imperfekcí
$M_{2,y/z}$	Jmenovitý moment druhého řádu kolem osy y, respektive z

3 Seznam dimenzačních dílců

Dimenzační dílec M 1

Typ prvku	Tlačený prvek
Stupeň vlivu prostředí	XC3, XD1
Relativní vlhkost	65 %
Φ_{inf}	Vypočtený
Význam nosného prvku	Velký

Imperfekce, vzpěr

L	4,00 m
Účinná délka	Podle podpor

Uložení tlačeného prvku

Směr	$y^\perp$	$z^\perp$
Konec	Kloub	Kloub
Počátek	Kloub	Kloub

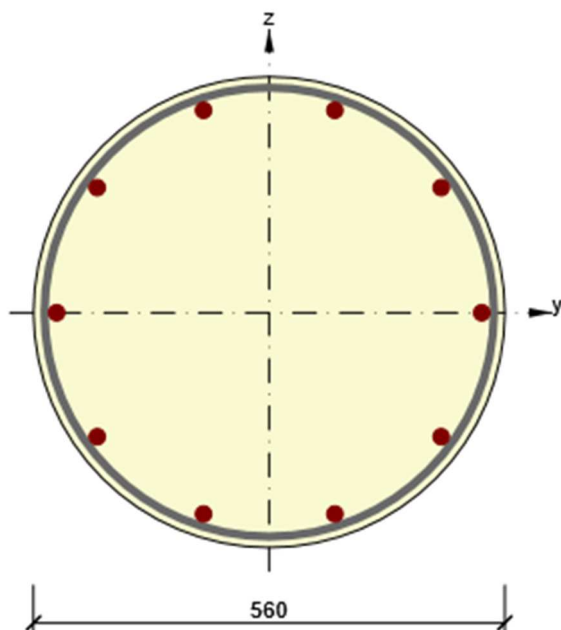
Geometrické imperfekce

Použit pro MSÚ	Ano
Použit pro MSP	Ne
Uvažovaný účinek	Osamělý prvek
Směr imperfekcí	Z nastavení normy

Účinky druhého řádu

Analýza účinků druhého řádu	Ano
Ztužení kolmo k ose y	Ne
Ztužení kolmo k ose z	Ne
Použitá metoda	Jmenovitá křivost
Součinitel c k ose y	Zadaný uživatelem
$c_{y^\perp}$	9,87
Součinitel c k ose z	Zadaný uživatelem
$c_{z^\perp}$	9,87

4 Seznam vyztužených průřezů



Části průřezu

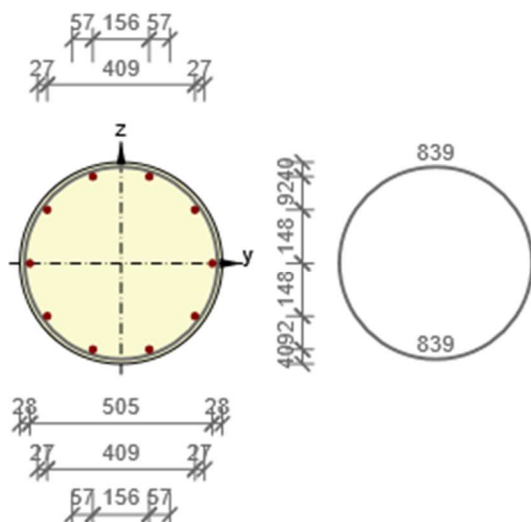
Kruhový průřez (Průměr 560mm), Materiál: C16/20

Průřezové charakteristiky

A [mm ²]	S _y [mm ³]	S _z [mm ³]	I _y [mm ⁴]	I _z [mm ⁴]	C _{gy} [mm]	C _{gz} [mm]	i _y [mm]	i _z [mm]
245988	0	0	4815256427	4815256427	0	0	140	140

Krytí k hranám průřezu

Rovnoměrné	8 mm
------------	------



Podélná výztuž

Vložka	Ø [mm]	Materiál	Y [mm]	Z [mm]
1	19	III A	253	0
2	19	III A	204	148
3	19	III A	78	240
4	19	III A	-78	240
5	19	III A	-204	148
6	19	III A	-253	0
7	19	III A	-204	-148
8	19	III A	-78	-240
9	19	III A	78	-240
10	19	III A	204	-148

Třmínky

Třmínek	Ø [mm]	Materiál	Vzdálenost [mm]	Uzavřený	Posudek smyku	Posudek kroucení	Průměr zaoblení
1	10	III A	102	Ano	Ano	Ano	0,00

5.13 STANOVENÍ ZATÍŽITELNOSTI KRAJNÍ STOJKY - BEZ OSLABENÍ

stojka stojka stojka stojka

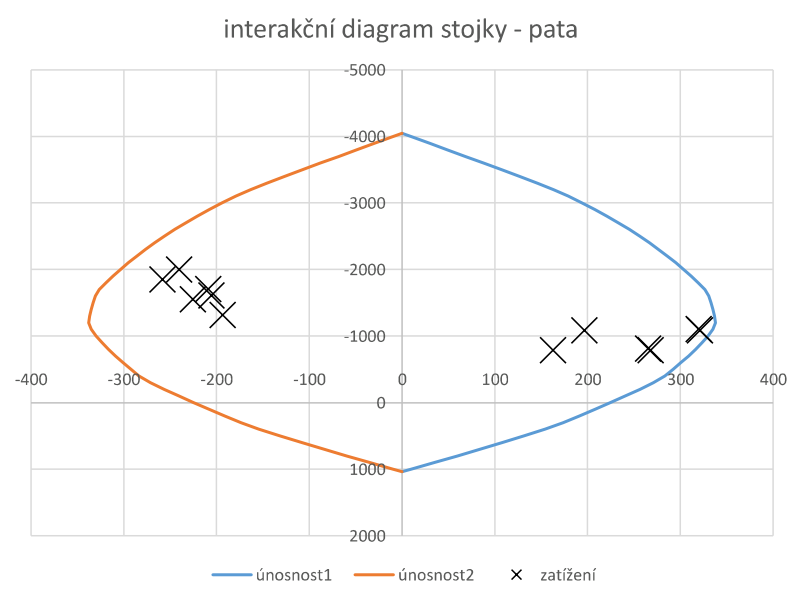
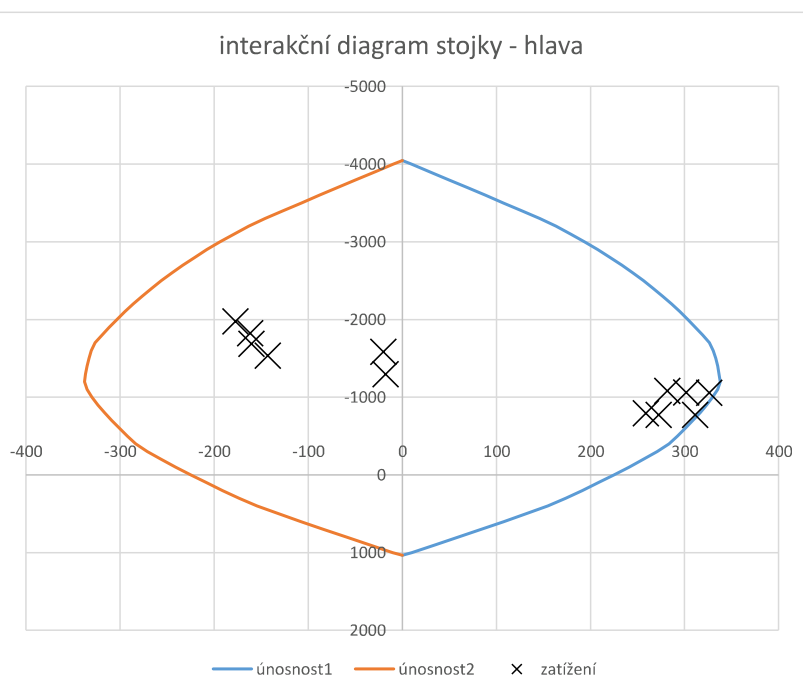
zatížení	M	M	N	N
průřez:	hlava	pata	hlava	pata
g0	10	16	-400	-422
g	7	15	-422	-422
Vn+	115	65	18	18
Vn-	-54	-78	-441	-441
Vr+	107	66	30	30
Vr-	-64	-68	-513	-513
Ve+	219	54	43	43
Ve-	-9	-130	-404	-404
Odstředivá	0	0	0	0
Brzdná Vn	43	113	7	7
Brzdná + Vn	22	57		
Brzdná - Vn	-44	-56.8		
Brzdná Vr	20	53	6	6
Brzdná + Vr	40	52.5		
Brzdná - Vr	-40	-52.5		
Třecí +	24	63	0	0
Třecí -	-24	-63.3	0	0
T-rovno+	0	0	0	0
T-rovno-	0	0	0	0
T-Nerovno+	0	0	0	0
T-Nerovno-	0	0	0	0

		M	M	N	N
Mmax	Vn	281.7	319.9	-1081.1	-1111.2
	Vr	301.9	321.1	-1059.4	-1089.4
1.35	Ve	326.2	196.8	-1058.8	-1088.8

Mmin	Vn	-161.6	-258.4	-1823.2	-1853.3
	Vr	-177.6	-240.2	-1975.4	-2005.4
1.35	Ve	-20.2	-205.4	-1584.4	-1614.5

Mmax	Vn	258.7	265.2	-793.4	-815.7
	Vr	272.4	268.0	-771.7	-794.0
1	Ve	311.3	162.7	-771.1	-793.3

Mmin	Vn	-143.2	-225.6	-1535.6	-1557.8
	Vr	-160.5	-209.0	-1687.7	-1710.0
1	Ve	-17.7	-193.4	-1296.8	-1319.0



1.35 a 1.0 v levé dolní části tabulek jsou použité součinitele zatížení stálých zatížení

δ_{Vn} [1]: 1.2
 δ_{Vr} [1]: 1.25
 δ_{Ve} [1]: 1.05

iterativně hledané součinitele

1
1
0.83

odpovídá zatížitelnosti:

Vn / t:

Vr / t:

Ve / t:

32
80
149.4

Použitý součinitel pro zvětšení ohybových momentů vlivem duhého řádu (uplatní se pro všechny ohybové momenty)

1.04 -

Součinitel je převzat z výpočtu programu IDEA

brzdná síla do pilíře	50%
do opěry zbývá	50%

V modelu přebírá celou brzdnou sílu pilíř. V této tabulce jsou síly redukovány tímto poměrem

M = odmocnina($M_y^2 + M_z^2$)

5.14 STANOVENÍ ZATÍŽITELNOSTI KRAJNÍ STOJKY - S OSLABENÍM

stojka stojka stojka stojka

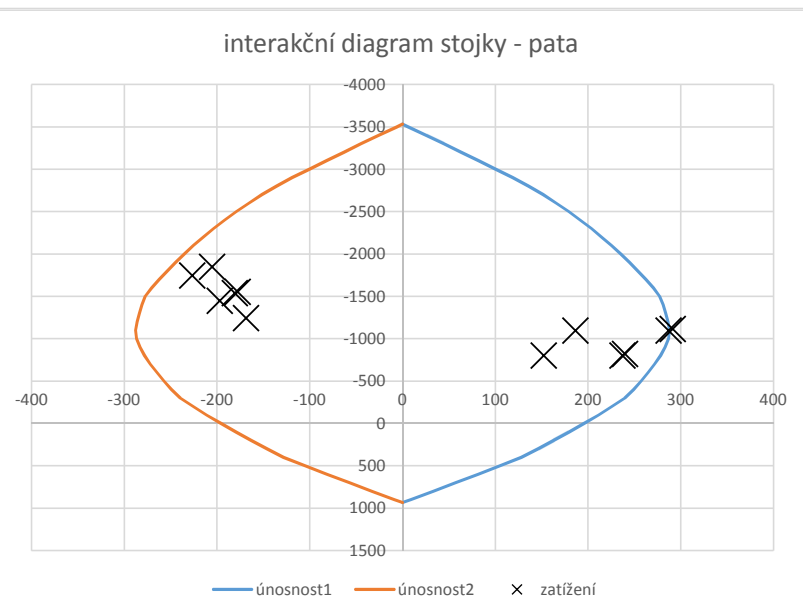
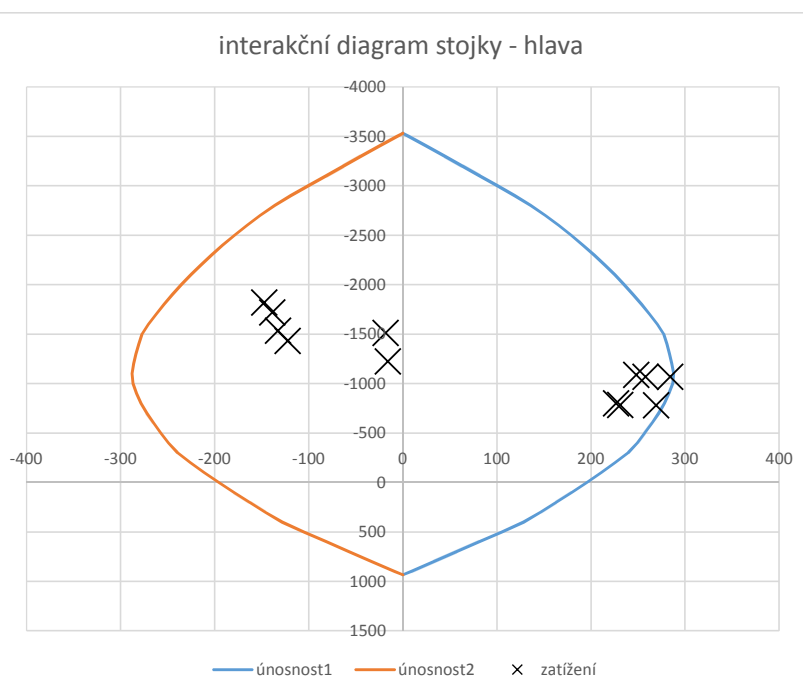
zatížení	M	M	N	N
průřez:	hlava	pata	hlava	pata
g0	10	16	-400	-422
g	7	15	-422	-422
Vn+	115	65	18	18
Vn-	-54	-78	-441	-441
Vr+	107	66	30	30
Vr-	-64	-68	-513	-513
Ve+	219	54	43	43
Ve-	-9	-130	-404	-404
Odstředivá	0	0	0	0
Brzdná Vn	43	113	7	7
Brzdná + Vn	22	57		
Brzdná - Vn	-44	-56.8		
Brzdná Vr	20	53	6	6
Brzdná + Vr	40	52.5		
Brzdná - Vr	-40	-52.5		
Třecí +	24	63	0	0
Třecí -	-24	-63.3	0	0
T-rovno+	0	0	0	0
T-rovno-	0	0	0	0
T-Nerovno+	0	0	0	0
T-Nerovno-	0	0	0	0

		M	M	N	N
Mmax	Vn	248.1	291.6	-1085.4	-1115.4
	Vr	257.9	286.9	-1068.4	-1098.5
1.35	Ve	284.2	186.5	-1066.7	-1096.8

Mmin	Vn	-138.8	-226.6	-1716.2	-1746.3
	Vr	-147.3	-205.3	-1819.5	-1849.6
1.35	Ve	-18.6	-180.5	-1510.1	-1540.1

Mmax	Vn	226.3	240.0	-797.7	-820.0
	Vr	231.0	237.2	-780.7	-803.0
1	Ve	269.2	152.5	-779.0	-801.3

Mmin	Vn	-122.8	-197.0	-1428.5	-1450.8
	Vr	-132.9	-177.6	-1531.9	-1554.1
1	Ve	-16.1	-168.5	-1222.4	-1244.7



1.35 a 1.0 v levé dolní části tabulek jsou použité součinitele zatížení stálých zatížení

δ_{Vn} [1]: 1.2
 δ_{Vr} [1]: 1.25
 δ_{Ve} [1]: 1.05

iterativně hledané součinitele

0.85
0.82
0.7

odpovídá zatížitelnosti:

Vn / t:
 Vr / t:
 Ve / t:

27.2
65.6
126

Použitý součinitel pro zvětšení ohybových momentů vlivem duhého řádu (uplatní se pro všechny ohybové momenty)

1.04 -

Součinitel je převzat z výpočtu programu IDEA

brzdná síla do pilíře	50%
do opěry zbývá	50%

V modelu přebírá celou brzdnou sílu pilíř. V této tabulce jsou síly redukovány tímto poměrem

M = odmocnina($M_y^2 + M_z^2$)

5.15 STANOVENÍ ZATÍŽITELNOSTI STŘEDNÍ STOJKY - BEZ OSLABENÍ

stojka stojka stojka stojka

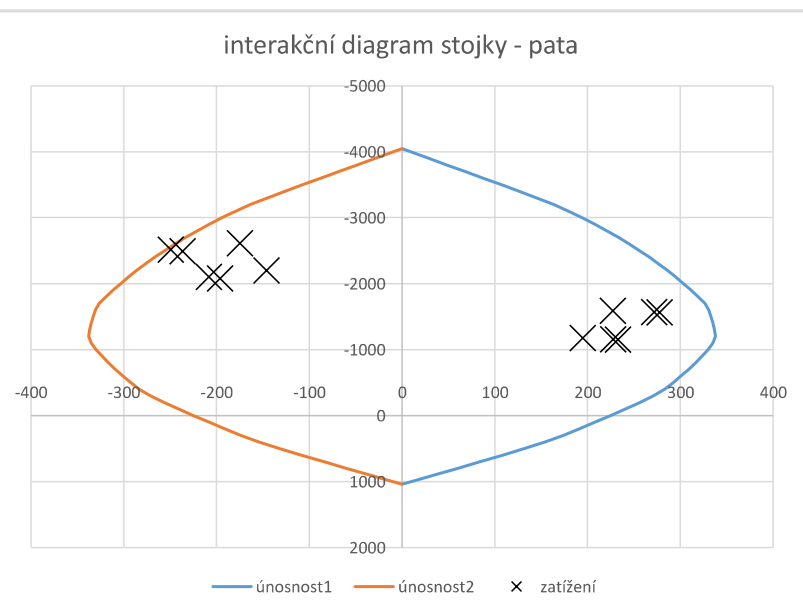
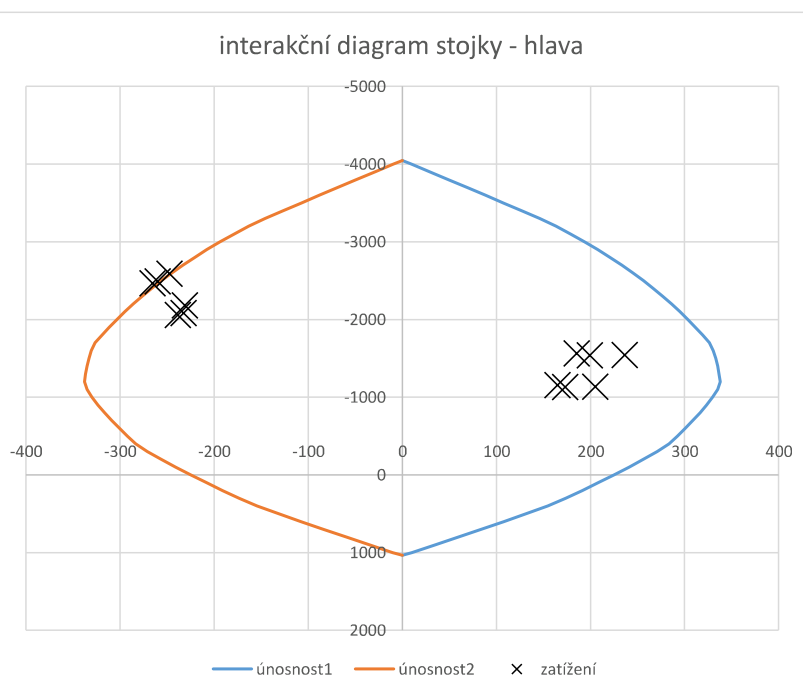
zatížení	M	M	N	N
průřez:	hlava	pata	hlava	pata
g0	5	5	-564	-586
g	1	1	-594	-594
Vn+	65	68	18	18
Vn-	-101	-60	-636	-636
Vr+	73	63	13	13
Vr-	-101	-51	-587	-587
Ve+	119	113	0	0
Ve-	-206	-72	-1186	-1186
Odstředivá	0	0	0	0
Brzdná Vn	35	77	-0	-0
Brzdná + Vn	17	38		
Brzdná - Vn	-35	-38.3		
Brzdná Vr	16	35	-0	-0
Brzdná + Vr	32	35.4		
Brzdná - Vr	-32	-35.4		
Třecí +	50	84	0	0
Třecí -	-50	-83.9	0	0
T-rovno+	0	0	0	0
T-rovno-	0	0	0	0
T-Nerovno+	0	0	0	0
T-Nerovno-	0	0	0	0

		M	M	N	N
Mmax	Vn	199.3	277.9	-1537.6	-1567.7
	Vr	236.2	271.9	-1542.4	-1572.5
1.35	Ve	185.4	227.4	-1563.1	-1593.2

Mmin	Vn	-260.1	-249.2	-2489.8	-2519.9
	Vr	-265.5	-236.4	-2464.5	-2494.5
1.35	Ve	-247.4	-174.6	-2588.2	-2618.3

Mmax	Vn	173.1	232.7	-1132.4	-1154.6
	Vr	205.1	227.5	-1137.2	-1159.4
1	Ve	165.0	194.7	-1157.9	-1180.2

Mmin	Vn	-232.5	-208.2	-2084.6	-2106.8
	Vr	-238.7	-196.2	-2059.2	-2081.5
1	Ve	-231.2	-146.2	-2183.0	-2205.2



1.35 a 1.0 v levé dolní části tabulek jsou použité součinitele zatížení stálých zatížení

δ_{Vn} [1]:	1.2
δ_{Vr} [1]:	1.25
δ_{Ve} [1]:	1.05

iterativně hledané součinitele

	0.9
	0.91
	0.61

odpovídá zatížitelnosti:

Vn / t:

28.8

Vr / t:

72.8

Ve / t:

109.8

Použitý součinitel pro zvětšení ohybových momentů vlivem duhého řádu (uplatní se pro všechny ohybové momenty)

1.04 -

Součinitel je převzat z výpočtu programu IDEA

brzdná síla do pilíře	50%
do opěry zbývá	50%

V modelu přebírá celou brzdnou sílu pilíř. V této tabulce jsou síly redukovány tímto poměrem

$M = \text{odmocnina}(M_y^2 + M_z^2)$

5.16 STANOVENÍ ZATÍŽITELNOSTI STŘEDNÍ STOJKY - S OSLABENÍM

stojka stojka stojka stojka

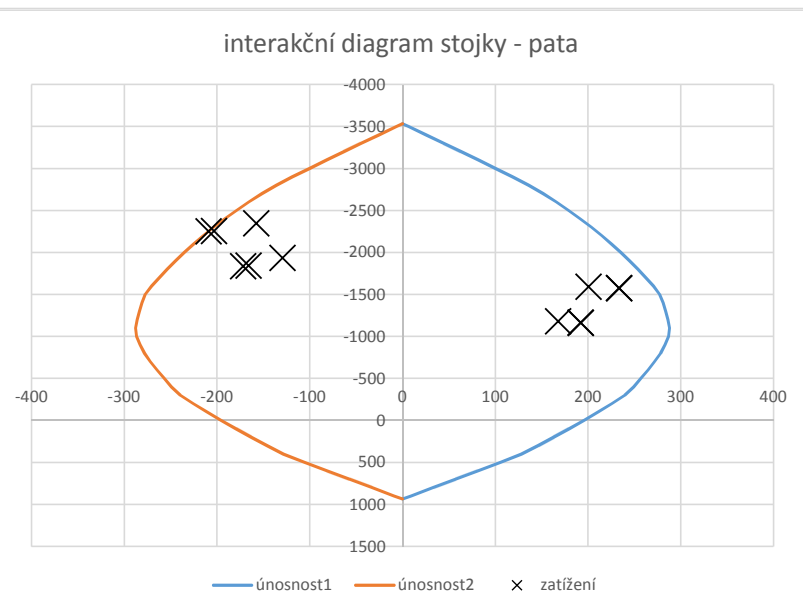
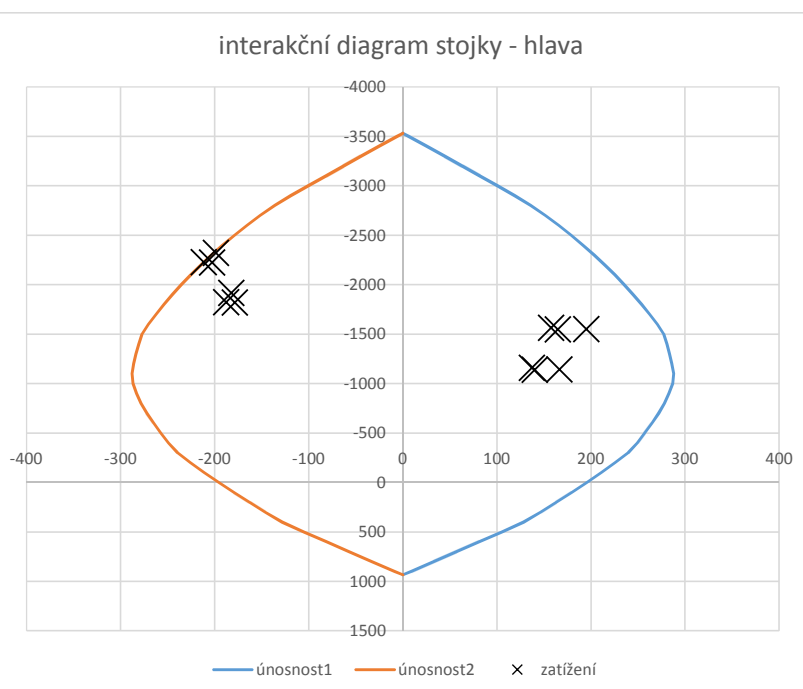
zatížení	M	M	N	N
průřez:	hlava	pata	hlava	pata
g0	5	5	-564	-586
g	1	1	-594	-594
Vn+	65	68	18	18
Vn-	-101	-60	-636	-636
Vr+	73	63	13	13
Vr-	-101	-51	-587	-587
Ve+	119	113	0	0
Ve-	-206	-72	-1186	-1186
Odstředivá	0	0	0	0
Brzdná Vn	35	77	-0	-0
Brzdná + Vn	17	38		
Brzdná - Vn	-35	-38.3		
Brzdná Vr	16	35	-0	-0
Brzdná + Vr	32	35.4		
Brzdná - Vr	-32	-35.4		
Třecí +	50	84	0	0
Třecí -	-50	-83.9	0	0
T-rovno+	0	0	0	0
T-rovno-	0	0	0	0
T-Nerovno+	0	0	0	0
T-Nerovno-	0	0	0	0

		M	M	N	N
Mmax	Vn	164.4	234.0	-1545.0	-1575.1
	Vr	194.7	233.4	-1547.9	-1578.0
1.35	Ve	157.4	200.8	-1563.1	-1593.2

Mmin	Vn	-203.0	-208.9	-2222.1	-2252.2
	Vr	-211.9	-203.0	-2226.8	-2256.8
1.35	Ve	-198.8	-157.6	-2319.4	-2349.4

Mmax	Vn	140.0	192.4	-1139.7	-1162.0
	Vr	166.4	192.1	-1142.6	-1164.9
1	Ve	137.0	168.1	-1157.9	-1180.2

Mmin	Vn	-178.7	-171.5	-1816.9	-1839.1
	Vr	-187.9	-165.9	-1821.5	-1843.8
1	Ve	-182.7	-129.1	-1914.1	-1936.4



1.35 a 1.0 v levé dolní části tabulek jsou použité součinitele zatížení stálých zatížení

δ_{Vn} [1]:	1.2
δ_{Vr} [1]:	1.25
δ_{Ve} [1]:	1.05

iterativně hledané součinitele

0.64
0.67
0.45

odpovídá zatížitelnosti:

Vn / t:
Vr / t:
Ve / t:

20.48
53.6
81

Použitý součinitel pro zvětšení ohybových momentů vlivem duhého řádu (uplatní se pro všechny ohybové momenty)
1.04 - Součinitel je převzat z výpočtu programu IDEA

brzdná síla do pilíře	50%
do opěry zbývá	50%

V modelu přebírá celou brzdnou sílu pilíř. V této tabulce jsou síly redukovány tímto poměrem

$$M = \text{odmocnina}(M_y^2 + M_z^2)$$

6 VÝSLEDNÉ SHRUTÍ VÝPOČTENÝCH ZATÍŽITELNOSTÍ

Vodorovná nosná konstrukce

Podrobný výpočet - polovina rozpětí

bez poruch

Vn 36.0 t

Vr 73.4 t

Ve 171.6 t

s poruchami

Vn **21.2** tVr **42.0** tVe **100.5** t

Stojka

bez oslabení

MSÚ - ohyb s normálovou silou

Vn 28.8 t

Vr 72.8 t

Ve 109.8 t

s oslabením

Vn **20.5** tVr **53.6** tVe **81.0** t

Stativo

bez oslabení

MSÚ

Vn 32.7 t

Vr 75.4 t

Ve 220.1 t

s oslabením

Vn **22.3** tVr **51.5** tVe **167.6** t

Výsledná zatížitelnost

Vn	20	t
Vr	42	t
Ve	81	t
Vaj	12.0	t

součinitel stavebního stavu

je uvážen

hodnotou $\alpha = 1$

7 ZÁVĚR

Posouzení konstrukce bylo provedeno pro aktuální stav rozhodujících průřezů, tj. včetně uvažování oslabení, viz kap. 4.7.

Výpočet obsahuje pouze nejdůležitější data a výstupy. Výsledné hodnoty zatížitelnosti platí pro stav mostu popsany v tomto dokumentu, při případné změně stavu mostu nebo zjištění odchylných skutečností je nutno hodnoty zaktualizovat. **Výpočet zatížitelnosti má platnost 5 let.**

Vypracoval: Ing. Marek Vokál
20.10.2022



Technická kontrola: Ing. Vladimír Junek
31.10.2022



8 PŘÍLOHY

- Osvědčení o autorizaci.

OSVĚDČENÍ O AUTORIZACI

číslo 20423

vydané

Českou komorou autorizovaných inženýrů a techniků
činných ve výstavbě
podle zákona ČNR č. 360/1992 Sb.

Ing. Tomáš Míčka

jméno a příjmení

660503/0432

rodné číslo

je

autorizovaným inženýrem

v oboru

**mosty a inženýrské konstrukce
zkoušení a diagnostika staveb**

V seznamu autorizovaných osob vedeném ČKAIT je veden pod číslem
0005724

a je oprávněn používat autorizační razítko, jehož kontrolní otisk
je uveden zde:



Autorizace je udělena ke dni 6.1.1998



Ing. Václav Mach
předseda ČKAIT