

Zhotovitel:
AFRY CZ s.r.o.

Datum:
11/2021

Zastoupený:
Ing. Petr Košan

Číslo zakázky:
2021/0237

Autorský kolektiv:
Ing. Martin Varhulík
Michal Prosek

Kontrola:
Ing. Marek Šída

Objednatel:
Ředitelství silnic a dálnic ČR

Zastoupený:
Ing. Michal Hrdlička

D0 510 SATALICE – BĚCHOVICE, KAPACITNÍ POSOUZENÍ MÚK HORNÍ POČERNICE DYNAMICKOU MIKROSIMULACÍ

OBSAH

1	ÚVOD.....	4
2	ANALÝZA INTENZIT.....	5
2.1	DATA Z ASD.....	5
2.2	PROGNÓZOVANÉ INTENZITY DOPRAVY.....	5
3	POSOUZENÍ POMOCÍ MIKROSIMULACE DOPRAVNÍHO PROUDU	8
3.1	POPIS METODY – DOPRAVNÍ MODEL V PROGRAMU VISSIM.....	8
3.1.1	Hodnocená kritéria.....	10
3.1.2	Způsob vyhodnocení.....	11
3.2	STATISTICKÉ VYHODNOCENÍ MIKROSIMULACE.....	12
3.2.1	Vyhodnocení časového zdržení	12
3.2.2	Grafická analýza průměrné jízdní rychlosti.....	14
4	ZÁVĚR	18

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 – Určení padesátirázové intenzity	5
Tabulka 2 – Vyhodnocení časových charakteristik při průjezdu vozidel oblastí.....	13

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1 – Posuzované uspořádání MÚK Horní Počernice.....	4
Obrázek 2 – Intenzity PPD pro rok 2025, TSK Praha a.s.....	6
Obrázek 3 – Zatížení MÚK Horní Počernice – rok 2025 – RPDI [všechna vozidla / těžká za den].....	7
Obrázek 4 – Hierarchie dopravních modelů.....	8
Obrázek 5 – Skladba dopravního proudu a parametry zahrnuté do simulace.....	9
Obrázek 6 – Měření jízdního času a časového zdržení	10
Obrázek 7 – Popis vyhodnocování délky kolony	11
Obrázek 8 – Rozsah simulované oblasti – MÚK Horní Počernice	12
Obrázek 9 – Vyhodnocení časového zdržení – označení průjezdných bodů.....	13
Obrázek 10 – Grafická analýza průměrné jízdní rychlosti [km/h]	15
Obrázek 11 – Grafická analýza průměrné jízdní rychlosti – MÚK Běchovice.....	16
Obrázek 12 – Grafická analýza průměrné jízdní rychlosti – MÚK Horní Počernice	17
Obrázek 13 – Grafická analýza průměrné jízdní rychlosti – mezikřižovatkový úsek mezi MÚK Horní Počernice a MÚK Chlumecká	17

SEZNAM ZKRATEK

PPD – průměrný pracovní den

RPDI – roční průměr denních intenzit

TSK – Technická správa komunikací hl. m. Prahy

ASD – automatické sčítače dopravy

VDZ – vodorovné dopravní značení

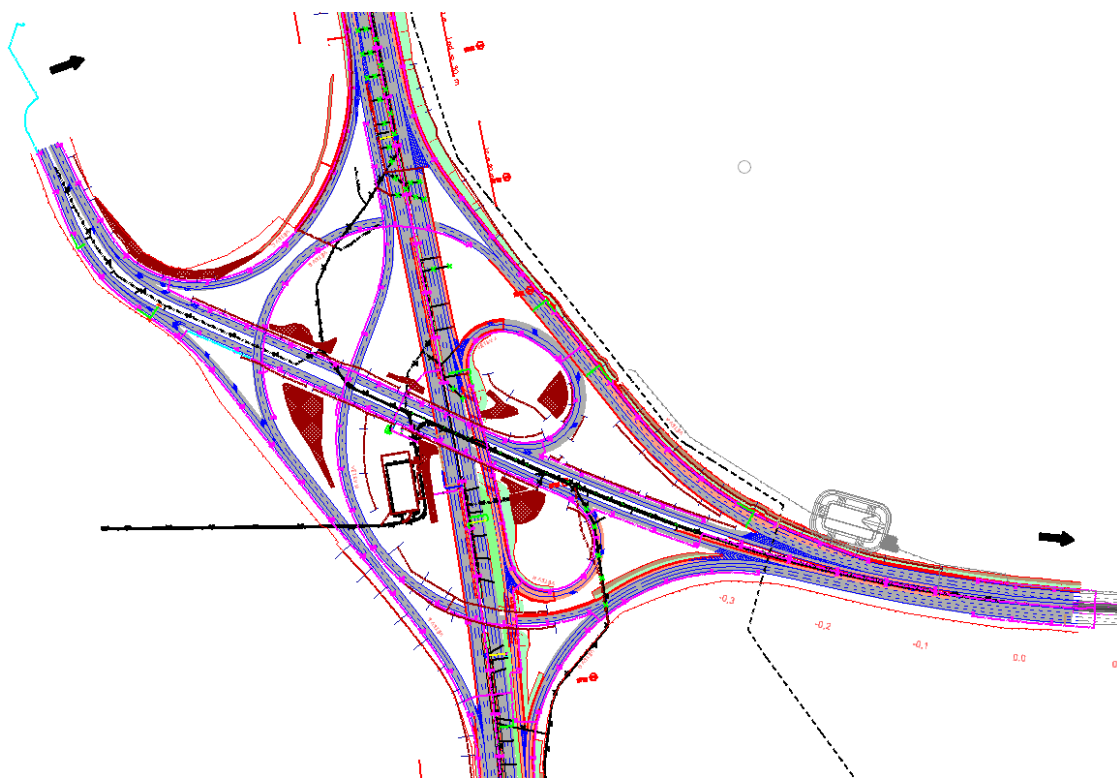
1 ÚVOD

Předmětem studie je kapacitní posouzení optimalizovaného uspořádání mimoúrovňové křižovatky Horní Počernice a jejích navazujících úseků D0 stavby 510 metodou dynamické mikrosimulace. Křižovatka bude analyzována z pohledu průměrné jízdní rychlosti, tvorby kolon a časového zdržení. Budou lokalizována kapacitní hrdla a případně doporučena optimalizace k jejich odstranění. Vstupní intenzity budou převzaty z dopravního modelu TSK v podobě pentlogramů intenzit ve výhledovém roce 2025.

Dodané podklady

- návrhová situace (včetně VDZ) *.dwg, Ateliér projektování inženýrských staveb, s.r.o.,
- intenzity dopravy v maticové podobě pro rok 2025, TSK Praha a.s.,
- data z ASD na vybraných profilech.

Obrázek 1 – Posuzované uspořádání MÚK Horní Počernice



2 ANALÝZA INTENZIT

2.1 DATA Z ASD

Pro určení padesátirázové intenzity byla analyzována data z automatických sčítačů dopravy z průběhu celého roku 2019. Z důvodu zkreslení dat z roku 2020 a 2021 pandemickou situací byla analyzována data z roku 2019. Účelem analýzy bylo zjištění variace padesátirázové intenzity dopravy na vybraných profilech, která bude následně použita při přepočtu celodenních intenzit při mikrosimulačním posouzení.

V rámci studie byla analyzována data z ASD na těchto profilech:

- D0 km 59,2
- D0 km 61,4
- D11 km 5,15

Tabulka 1 – Určení padesátirázové intenzity

		RPDI [voz/24h]	padesátirázová intenzita [%]	RPDI [voz/24h]	padesátirázová intenzita [%]	RPDI [voz/24h]	padesátirázová intenzita [%]
	km	směr Ruzyně		směr Horní Počernice		profil	
D0	59,2	31 570	7,8 %	34 540	8,2 %	66 110	8,0 %
D0	61,4	36 990	7,1 %	38 360	7,8 %	75 350	7,4 %
		směr Hradec Králové		směr Praha		Profil	
D11	10,6	24 000	10,0 %	24 070	10,6 %	48 070	10,3 %
		směr Turnov		směr Praha		profil	

Při kapacitním posouzení D0 byla pro přepočet hodnoty RPDI na padesátirázovou intenzitu zvolena nejvyšší hodnota 8,2 %, a to pro všechny profily D0.

2.2 PROGNOZOVANÉ INTENZITY DOPRAVY

Dodaný pentlogram od TSK Praha zobrazuje intenzitu průměrného pracovního dne. Normové posouzení je provedeno pro roční průměrnou denní intenzitu. Vztah mezi hodnotami je:

$$RPDI = PPD \times 0,865$$

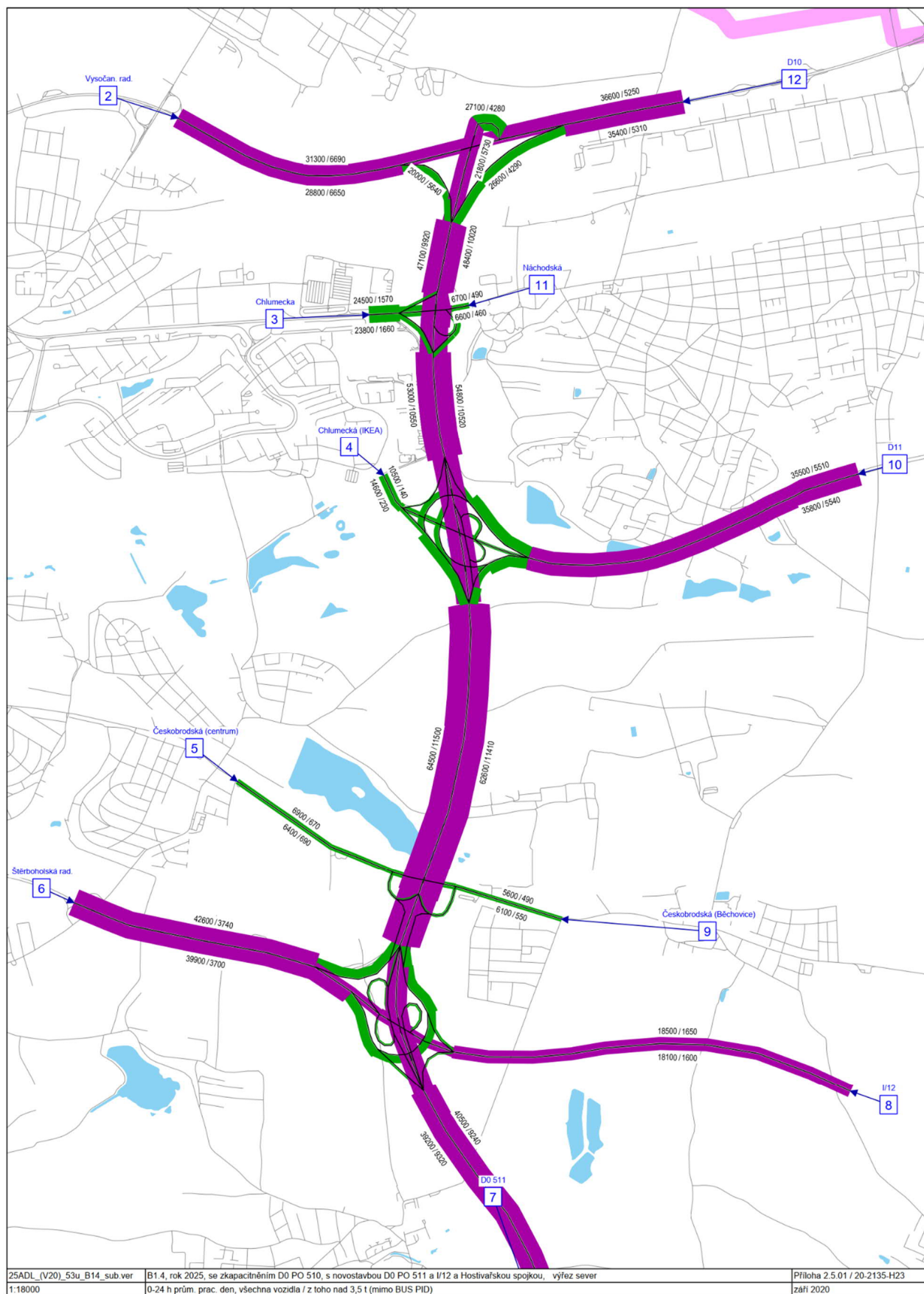
Hodinové intenzity dopravy, vstupující do kapacitního posouzení, jsou přepočteny z makroskopického modelu na padesátirázovou hodinu dle dat z ASD.

Prognóza intenzit dopravy předpokládá realizaci těchto staveb:

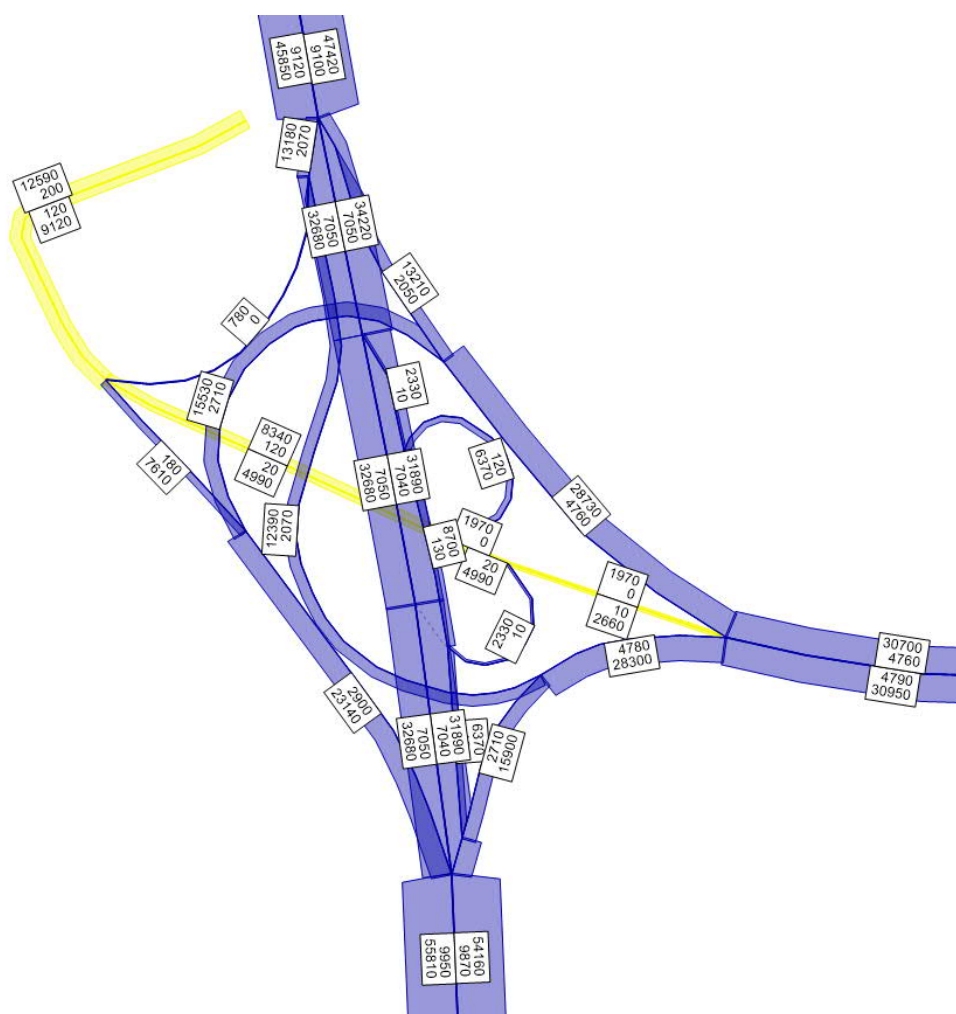
- D0 PO 510 – zkapacitnění
- D0 PO 511 + I/12
- Hostivařská spojka



Obrázek 2 – Intenzity PPD pro rok 2025, TSK Praha a.s.



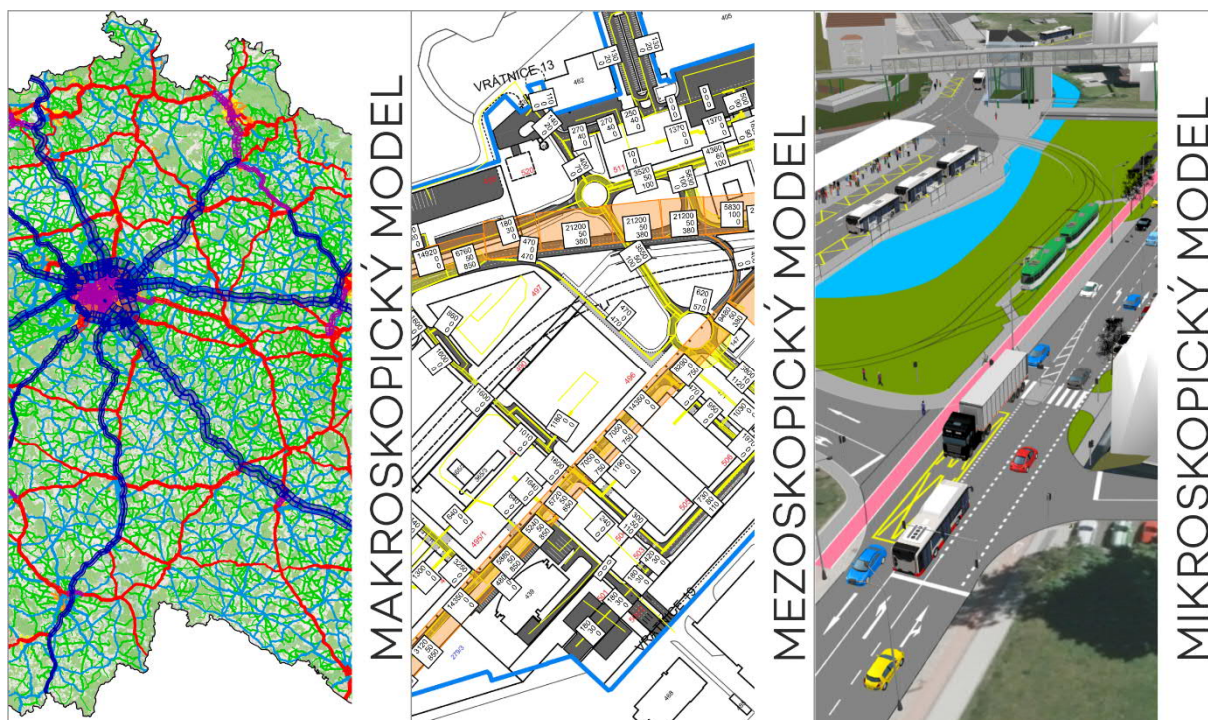
Obrázek 3 – Zatížení MÚK Horní Počernice – rok 2025 – RPD1 [všechna vozidla / těžká za den]



3 POSOUZENÍ POMOCÍ MIKROSIMULACE DOPRAVNÍHO PROUDU

Mikrosimulace je nejdetailnější typem dopravního modelu. Představuje podrobnou digitální podobu reálného děje, kde je základním prvkem vozidlo, popřípadě chodec nebo cyklista. Mikrosimulace dovoluje oproti normovému posudku zohlednit celou řadu dalších faktorů jako je jízdní rychlost, zrychlení, skutečné rozměry a parametry vozidel a šířkové a výškové uspořádání komunikace. Pomocí mikrosimulace lze posoudit i atypická dopravně-inženýrská řešení, která nelze normovým postupem vůbec posoudit. Dále dovoluje do posudku zahrnout větší část dopravní sítě, například soustavu křižovatek, které se vzájemně ovlivňují.

Obrázek 4 – Hierarchie dopravních modelů



Dynamický mikroskopický model je vytvořen v programu **PTV VISSIM** ve verzi 11.00-10, který je součástí dopravně-inženýrského balíku firmy **PTV GROUP**.

3.1 POPIS METODY – DOPRAVNÍ MODEL V PROGRAMU VISSIM

Model dopravního proudu v PTV VISSIM je diskretní, stochastický, na časových krocích založený mikroskopický model, kde vozidlo je samostatnou součástí modelu. Model dopravního proudu obsahuje psycho-fyzikální model pro způsob jízdy vozidel a algoritmus založený na pravidlech pro laterální pohyby – jízda vozidel v jízdních pruzích.

Model je nazýván psycho-fyzikálním, protože umožňuje kombinaci psychologických aspektů a fyziologických omezení řidičova vnímání. Schopnost řidiče vnímat rychlostní rozdíly a odhadovat vzdálenosti se v populaci řidičů liší, stejně jako požadovaná jízdní rychlost a bezpečnostní odstup. Tyto individuální schopnosti řidiče jsou v modelu zohledňovány. Rovněž jsou zohledňovány individuální technické parametry vozidel.

Základní myšlenkou modelu pohybu vozidel je předpoklad, že řidič se může nacházet ve čtyřech jízdních stavech (módech):

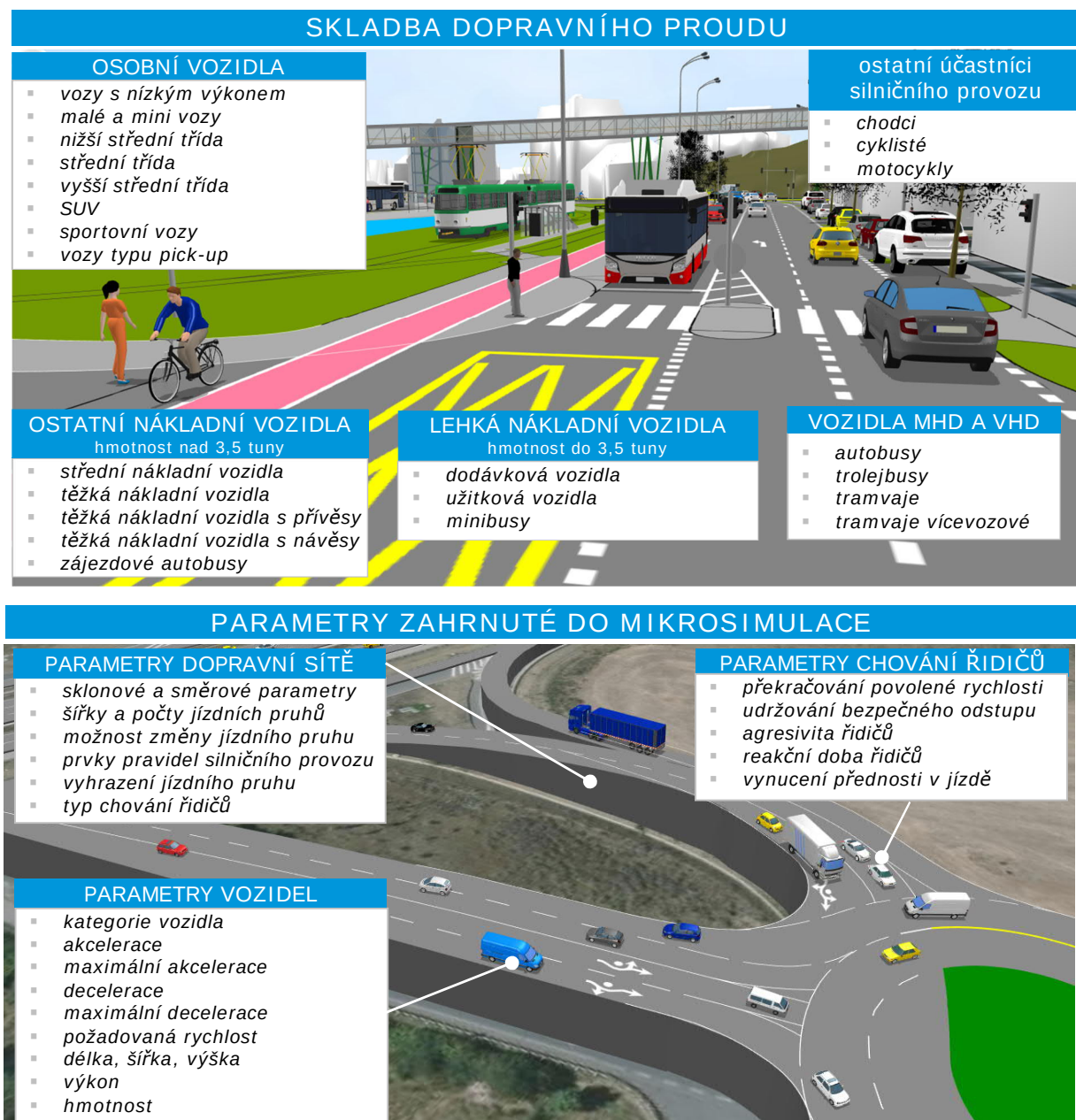
- volná jízda – řidič není omezován jinými vozidly, rychlost vozidla osciluje okolo řidičovy požadované rychlosti,

- přibližování – proces adaptace řidičovy požadované rychlosti k rychlosti pomalejšího vozidla,
- následování – řidič následuje vozidlo před sebou při zachovávání bezpečného odstupu, jeho rychlost následkem nedokonalého řízení mírně osciluje,
- brzdění – aplikace decelerace v rozsahu průměrné, resp. maximální, ke které dochází v případě potřeby výraznějšího snížení rychlosti nebo zastavení.

Model taktéž obsahuje logiku pro změnu jízdního pruhu, přičemž rozeznává dva druhy změny pruhu:

- vynucená změna pruhu – vyplývá z potřeby zvolené trasy, jde o odbočení, připojení nebo změnu pruhu při řazení vozidel před křižovatkou,
- nevynucená změna pruhu – vyplývá z individuálních prostorových a rychlostních potřeb řidiče, např. při předjíždění pomalejšího vozidla na vícepruhových komunikacích.

Obrázek 5 – Skladba dopravního proudu a parametry zahrnuté do simulace



Při tvorbě a kalibraci modelu byly použity základní definované parametry od vývojářů dopravně-inženýrského softwaru PTV VISSIM. Tyto hodnoty jsou výsledkem několikaletého zkoumání chování vozidel v dopravním proudu. Jedná se především o rozmezí hodnot pro rychlostní a akcelerační parametry vozidel, chování vozidel při volné jízdě a při změně jízdních pruhů. Přednosti v jízdě a kritické mezery byly nadefinovány s ohledem na projekční řešení konkrétního místa a dopravní funkčnost vzájemné interakce mezi vozidly.

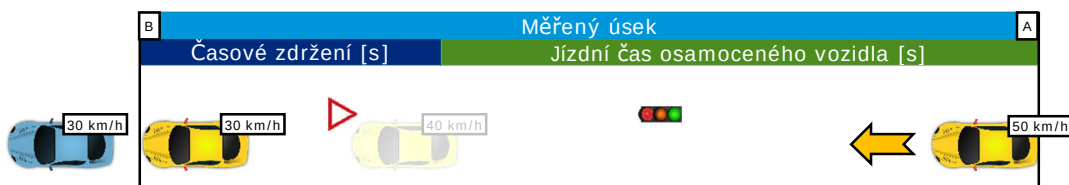
3.1.1 Hodnocená kritéria

Výsledky namodelované mikrosimulace v podobě rozsáhlých statistických souborů byly vyhodnoceny podle následujících kritérií:

Kritérium č. 1 – Jízdní čas – v tomto kritériu byl hodnocen čas jízdy vozidel projíždějících úsekem z bodu A do bodu B. Průměrný jízdní čas (v sekundách) představuje průměrnou hodnotu ze všech vozidel, která projela danou trasu za simulované období. Jedná se tedy o skutečnou dobu jízdy vozidel na trase, která je závislá na dopravním zatížení a uspořádání trasy.

Kritérium č. 2 – Časové zdržení – v tomto kritériu bylo hodnoceno časové zdržení vozidel projíždějících úsekem z bodu A do bodu B. Průměrné zdržení (v sekundách) představuje průměrnou hodnotu ze všech vozidel, která projela danou trasu za simulované období. Zdržení je vypočteno jako čas, o který vozidlo jede daný úsek v simulovaném provozu déle oproti stavu, kdy by na komunikacích nebyla žádná jiná vozidla. Za vyhovující se považují hodnoty průměrného časového zdržení nižší než 70 sekund.

Obrázek 6 – Měření jízdního času a časového zdržení



Kritérium č. 3 – Časová ztráta – jedná se o poměr průměrného časového zdržení k průměrné jízdní době. Popisuje kvalitu dopravy na měřeném úseku.

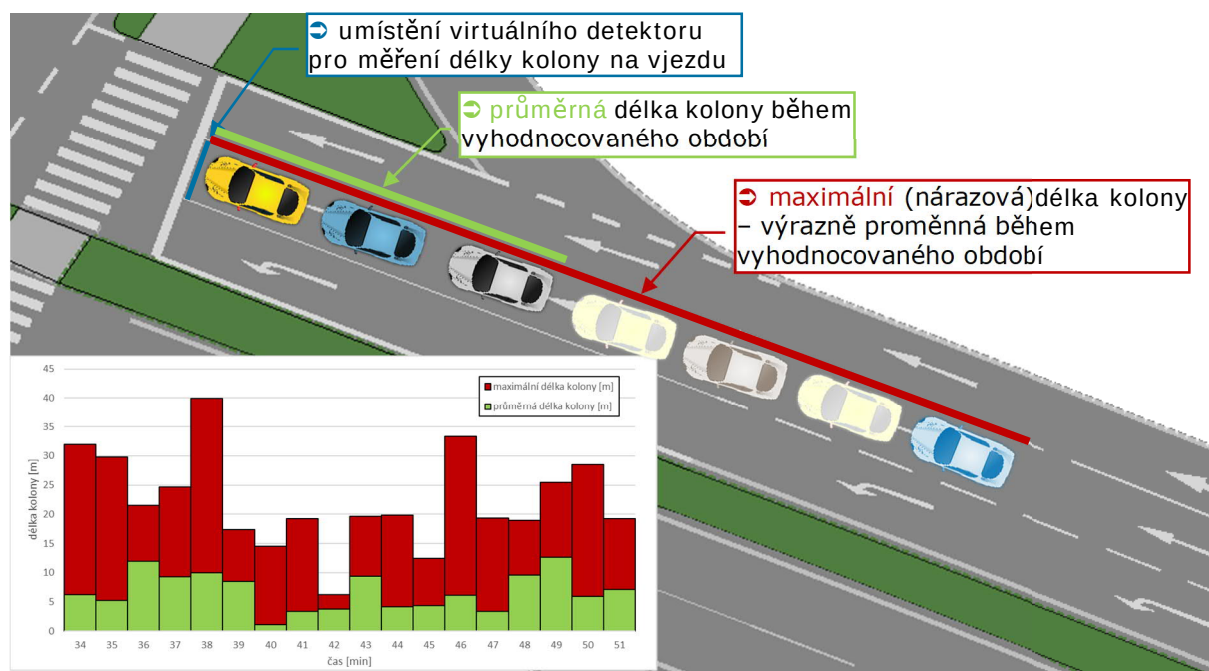
Kritérium č. 4 – Délka kolony – v tomto kritériu byla hodnocena průměrná délka kolony a nárazová délka kolony.

Průměrná délka kolony označuje typickou délku kolony tvořící se za příslušným detektorem během vyhodnocovaného intervalu. Za vyhovující se považují hodnoty průměrné délky kolony nižší než 100 metrů.

Maximální (nárazovou) délkou kolony se rozumí maximální délka kolony, která se vytvoří za příslušným detektorem během vyhodnocovaného intervalu. Jedná se o náhodnou veličinu, proměnnou v čase a závislejší na aktuální skladbě dopravního proudu a na náhodném přidělení vozidel na simulovanou síť.

Za vznik kolony byl považován stav, kdy rychlost dopravního proudu klesne pod 5 km/h. Délka kolony je vyhodnocována v minutových intervalech v průběhu celé simulované hodiny. Průměrná délka kolony je průměrem všech naměřených hodnot ve všech intervalech. Maximální délka kolony je maximem ze všech naměřených hodnot v průběhu simulované hodiny.

Obrázek 7 – Popis vyhodnocování délky kolony



Virtuální detektory pro měření délky kolony jsou umísťovány bezprostředně před vjezdem do křižovatky nebo na konec připojovacího pruhu, resp. průpletového úseku. Konkrétní polohy detektorů jsou specifikovány v dalších kapitolách.

Kritérium č. 5 – Analýza průměrné jízdní rychlosti – výsledkem hodnocení tímto kritériem je grafický přehled průměrné jízdní rychlosti na simulované síti. Dovoluje vysledovat kritická místa v síti, kde klesá jízdní rychlost pod požadované hodnoty zadané do mikrosimulačního modelu.

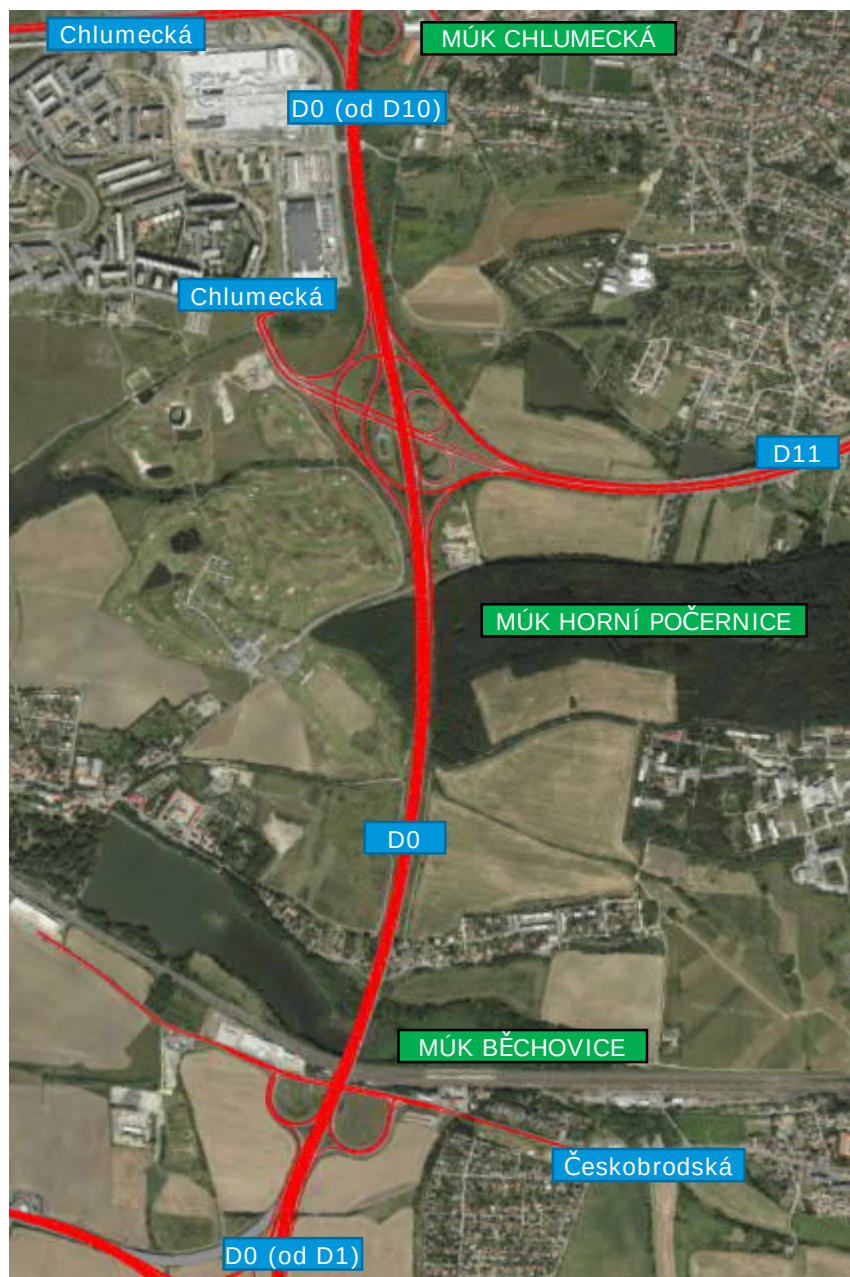
3.1.2 Způsob vyhodnocení

Mikroskopická simulace (mikrosimulace) dopravního proudu se zabývá podrobnou studií pohybu vozidel na malém modelovaném území. Čistá délka modelové simulace byla nastavena na 3600 sekund (60 minut). Celkový čas simulace byl nastaven na 5400 sekund s tím, že prvních 1800 sekund nebylo statisticky vyhodnocováno z důvodu překonání počátečního stavu nulového nasycení a vstupní intenzity v tomto „nasycovacím“ intervalu byly poníženy – jednalo se tedy o hodinu před špičkovou hodinou, která nebyla zaznamenávána. Statistické výstupy jsou zaznamenávány po minutových intervalech a v průměrné hodnotě za simulovanou hodinu.

Vyhodnocení kritérií je provedeno na základě deseti simulací, které se odlišují rozdílným časovým přidělením vozidel na síť. Intenzita je vždy shodná, liší se pouze časový vstup jednotlivých vozidel na dopravní síť. Tímto krokem se předejde příliš negativnímu nebo pozitivnímu přidělení vozidel na síť. K tomu by mohlo dojít především v křižovatkových uzlech, kdy je rozdíl, zda v koloně před křižovatkou za sebou stojí tři těžká nákladní vozidla nebo čtyři osobní automobily. Výsledná hodnota časového zdržení a průměrné délky kolony je pak průměrem ze všech simulací. Maximální délka kolony se rovná maximální délce kolony, která byla naměřena po dobu všech simulovaných špičkových hodin.

Na následujícím obrázku je zobrazena simulovaná oblast, která obsahuje nejen posuzovanou mimoúrovňovou křižovatku Horní Počernice, ale také MÚK Chlumecká a MÚK Běchovice. Je tedy posouzeno vzájemné spolupůsobení křižovatek v mezikřižovatkových úsecích.

Obrázek 8 – Rozsah simulované oblasti – MÚK Horní Počernice



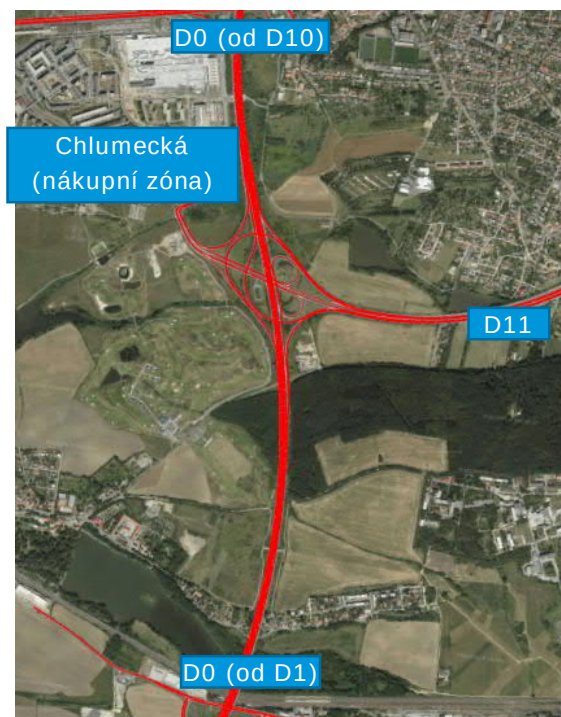
3.2 STATISTICKÉ VYHODNOCENÍ MIKROSIMULACE

Vyhodnocení simulace je provedeno na základě grafické analýzy průměrné jízdní rychlosti, díky níž je možné analyzovat potencionální kapacitní hrdla, a následně byla vybrána místa, kde byla vyhodnocována délka kolony a počet zastavení vozidel. Dále bylo statisticky vyhodnoceno časové zdržení vozidel při průjezdu celou křižovatkou.

3.2.1 Vyhodnocení časového zdržení

Časové zdržení je vyhodnoceno na hlavních trasách při průjezdu celou oblastí. Měřeno bylo průměrné časové zdržení na trase, průměrný jízdní čas a z těchto veličin je vypočtena časová ztráta, která nám udává procentuální vyjádření časového zdržení z jízdní doby. Se stoupající časovou ztrátou na trase lze očekávat klesající kvalitu dopravy a vznik kapacitního hrdla.

Obrázek 9 – Vyhodnocení časového zdržení – označení průjezdných bodů



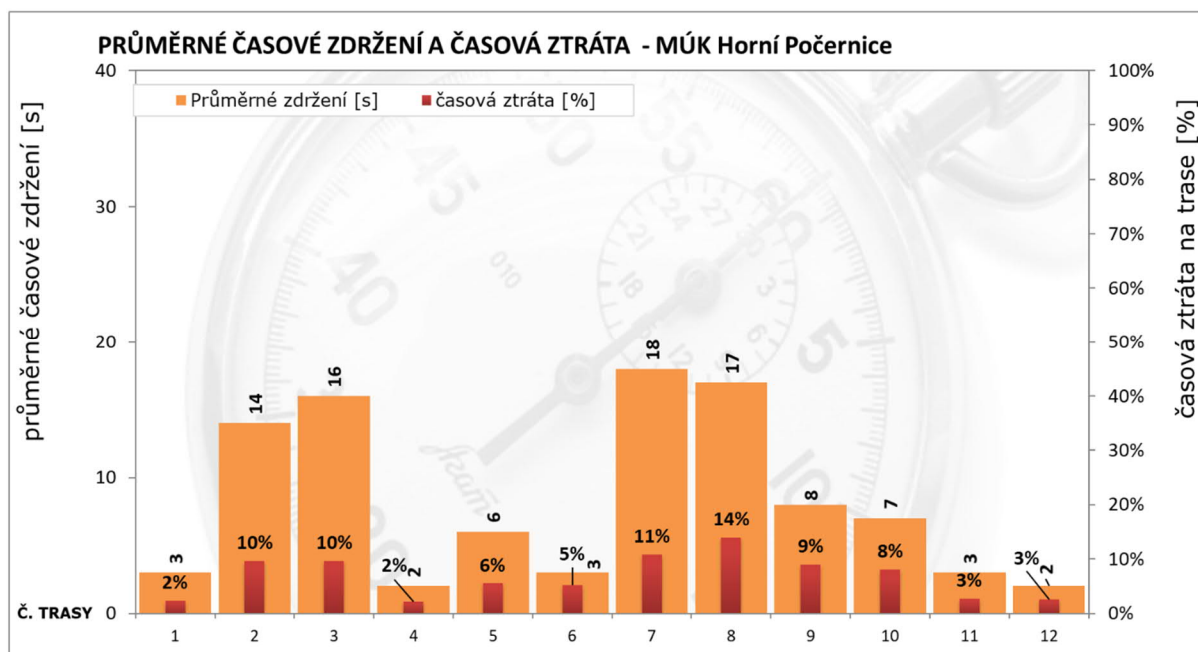
trasa	délka měřené trasy [m]
D0 od D1 → D0 k D10	2 975
D0 od D1 → D11	2 665
D0 od D1 → Chlumecká (nákupní zóna)	2 821
D0 od D10 → D0 k D1	2 200
D0 od D10 → D11	2 303
D0 od D10 → Chlumecká (nákupní zóna)	1 100
D11 → D0 k D1	3 574
D11 → D0 k D10	2 788
D11 → Chlumecká (nákupní zóna)	2 317
Chlumecká (nákupní zóna) → D0 k D1	1 656
Chlumecká (nákupní zóna) → D0 k D10	2 099
Chlumecká (nákupní zóna) → D11	1 647

Tabulka 2 – Vyhodnocení časových charakteristik při průjezdu vozidel oblastí

č. trasy	trasa	průměrné časové zdržení [s]	průměrný jízdní čas [s]	průměrná časová ztráta [%]
1	D0 od D1 → D0 k D10	3	128	2,3 %
2	D0 od D1 → D11	14	146	9,7 %
3	D0 od D1 → Chlumecká (nákupní zóna)	16	166	9,8 %
4	D0 od D10 → D0 k D1	2	95	2,0 %
5	D0 od D10 → D11	6	109	5,2 %
6	D0 od D10 → Chlumecká (nákupní zóna)	3	58	4,7 %
7	D11 → D0 k D1	18	166	11,1 %
8	D11 → D0 k D10	17	122	13,5 %
9	D11 → Chlumecká (nákupní zóna)	8	89	8,7 %
10	Chlumecká (nákupní zóna) → D0 k D1	7	87	7,8 %
11	Chlumecká (nákupní zóna) → D0 k D10	3	111	3,1 %
12	Chlumecká (nákupní zóna) → D11	2	78	2,2 %

Z předcházející tabulky, ve které je uvedeno vyhodnocení časových charakteristik, nevyplývá žádné kapacitní hrdlo na trase a časové zdržení nepřesáhlo ani na jedné trase 20 sekund. K časovým zdržením vozidel při průjezdu MÚK dochází především z důvodu okolních pomaleji jedoucích vozidel, kterým se musí ostatní vozidla přizpůsobovat. Nejvyšší průměrná časová zdržení dosáhla vozidla jedoucí z D11, a to sice 17 a 18 sekund.

Graf 1 – Průměrné časové zdržení a časová ztráta – MÚK Horní Počernice

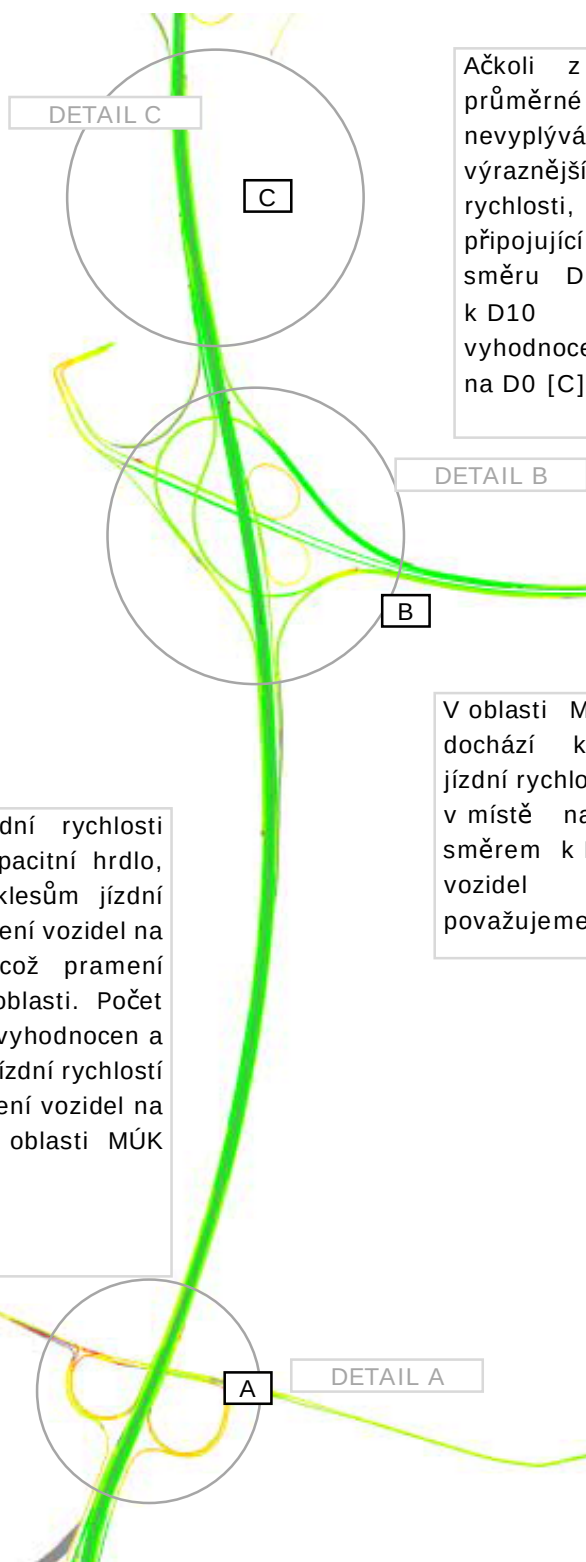


3.2.2 Grafická analýza průměrné jízdní rychlosti

Výsledkem hodnocení tímto kritériem je grafický přehled jízdní rychlosti vozidel na simulované síti. Dovoluje vysledovat kritická místa v síti, kde klesá jízdní rychlost pod požadované hodnoty, které byly zadány do mikrosimulačního modelu. U obrázku s grafickým vyhodnocením jízdní rychlosti se nachází legenda barevné škály vyhodnocení, kde každá barva znázorňuje rozmezí rychlostí v km/h.

Obrázek 10 – Grafická analýza průměrné jízdní rychlosti [km/h]

od [km/h]	do [km/h]	barva -
0	10	
10	20	
20	30	
30	40	
40	50	
50	60	
60	80	
80	100	
100	120	
120	200	
200	MAX	



Z vyhodnocení průměrné jízdní rychlosti v oblasti nevyplývá žádné kapacitní hrdlo, pouze dochází k lokálním poklesům jízdní rychlosti a k občasnému zastavení vozidel na konci připojovacích pruhů, což pramení z vysoké intenzity vozidel v oblasti. Počet těchto zastavení je statisticky vyhodnocen a uveden u detailních obrázků s jízdní rychlostí na následující stránce. Zpomalení vozidel na D0 je viditelné především v oblasti MÚK Běchovice [A].

Ačkoli z grafické analýzy průměrné jízdní rychlosti nevyplývá v tomto místě výraznější snížení jízdní rychlosti, z důvodu vysoké připojující se intenzity ve směru D11 → D0 směr k D10 bude podrobně vyhodnocen připojovací pruh na D0 [C].

V oblasti MÚK Horní Počernice dochází k drobnému poklesu jízdní rychlosti (na 50 – 60 km/h) v místě napojení dvou ramp směrem k D11 [B]. Zpomalení vozidel v tomto místě považujeme za přijatelné.

Obrázek 11 – Grafická analýza průměrné jízdní rychlosti – MÚK Běchovice

DETAIL A

Na D0 ve směru na D1 dochází k lokálnímu poklesu jízdní rychlosti z důvodu vysoké saturace vozidel v pravém pruhu, a to z důvodu následujícího odbočování vozidel v oblasti MÚK Dubeč. Z vyhodnocení počtu zastavení vozidel v místě odbočení však vyplývá, že se jedná o náhodný jev a místo je označeno za vyhovující.

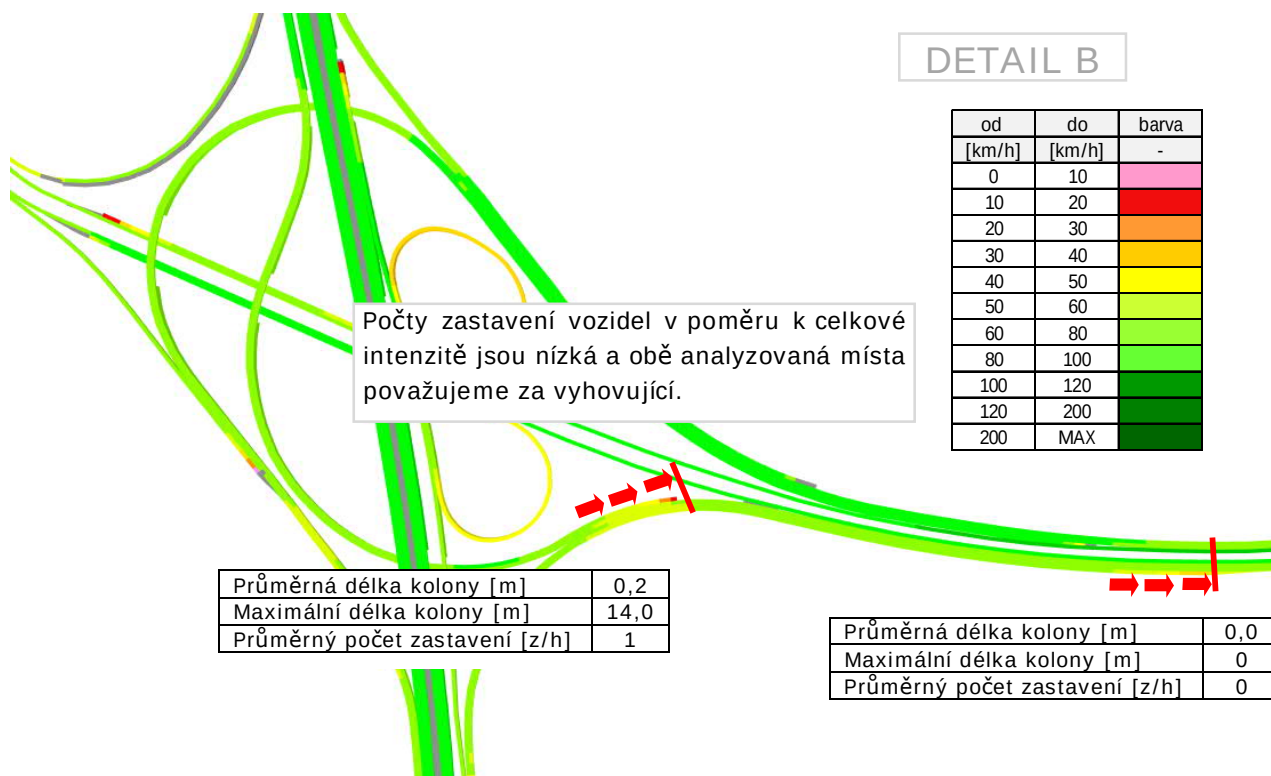
Průměrná délka kolony [m]	0,0
Maximální délka kolony [m]	20,5
Průměrný počet zastavení [z/h]	1

od [km/h]	do [km/h]	barva
0	10	-
10	20	red
20	30	orange
30	40	yellow
40	50	lightgreen
50	60	green
60	80	darkgreen
80	100	darkgreen
100	120	darkgreen
120	200	darkgreen
200	MAX	darkgreen

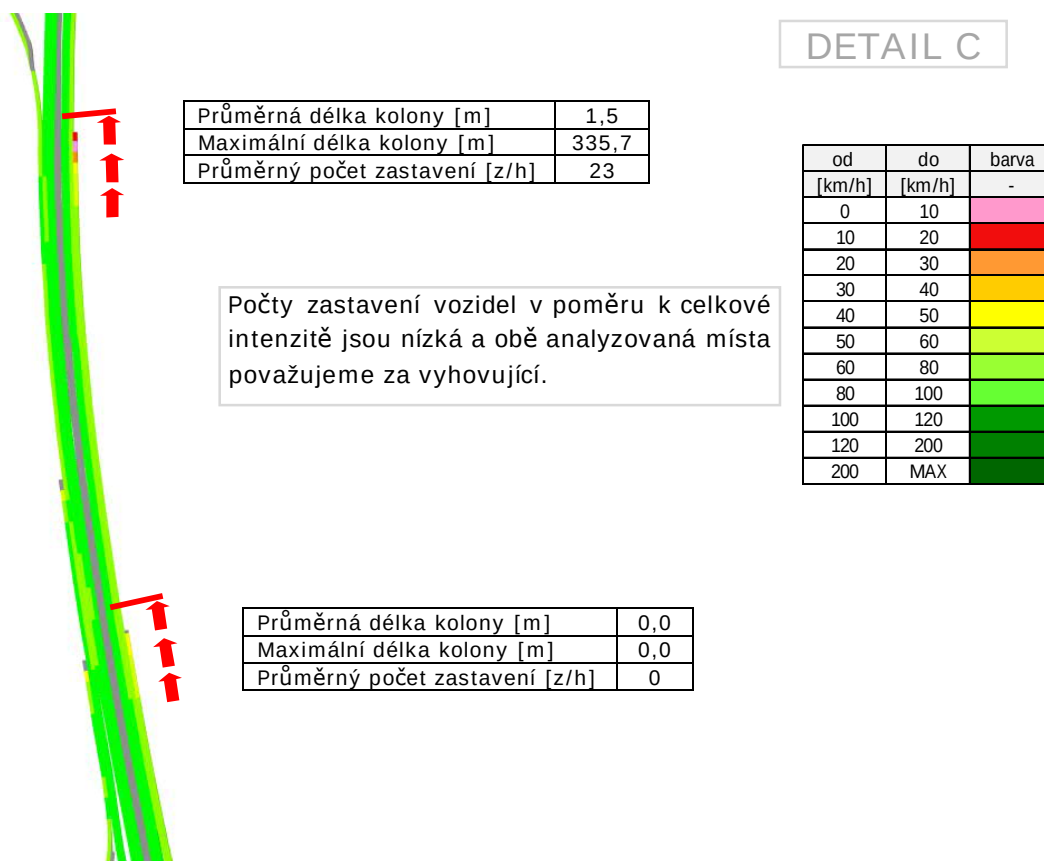
Průměrná délka kolony [m]	1,4
Maximální délka kolony [m]	220,4
Průměrný počet zastavení [z/h]	39

Na D0 ve směru na D10 dochází k lokálnímu poklesu jízdní rychlosti na konci připojovacího pruhu. Z vyhodnocení počtu zastavení vozidel v místě odbočení však vyplývá, že se jedná o náhodný jev a místo je označeno za vyhovující.

Obrázek 12 – Grafická analýza průměrné jízdní rychlosti – MÚK Horní Počernice



Obrázek 13 – Grafická analýza průměrné jízdní rychlosti – mezikřižovatkový úsek mezi MÚK Horní Počernice a MÚK Chlumecká





4 ZÁVĚR

Předmětem studie bylo kapacitní posouzení optimalizovaného uspořádání mimoúrovňové křižovatky Horní Počernice a jejích navazujících úseků D0 stavby 510 metodou dynamické mikrosimulace. Křižovatka byla analyzována z pohledu průměrné jízdní rychlosti, tvorby kolon a časového zdržení. Vstupní intenzity byly převzaty z dopravního modelu TSK v podobě pentlogramů intenzit ve výhledovém roce 2025.

Z kapacitního posouzení MÚK Horní Počernice pomocí dynamické simulace vyplývá, že navržená úprava křižovatky je z pohledu kvality dopravy pro prognózované dopravní zatížení roku 2025 vyhovující. Lokální poklesy kvality dopravy jsou z hlediska vysokého dopravního zatížení přijatelné a nedochází ke vzniku žádného výraznějšího kapacitního hrdla. Z pohledu návrhu doporučujeme dodržet všechny normové požadavky na délky připojovacích a odbočovacích pruhů, a to z důvodu zachování plynulosti dopravy.