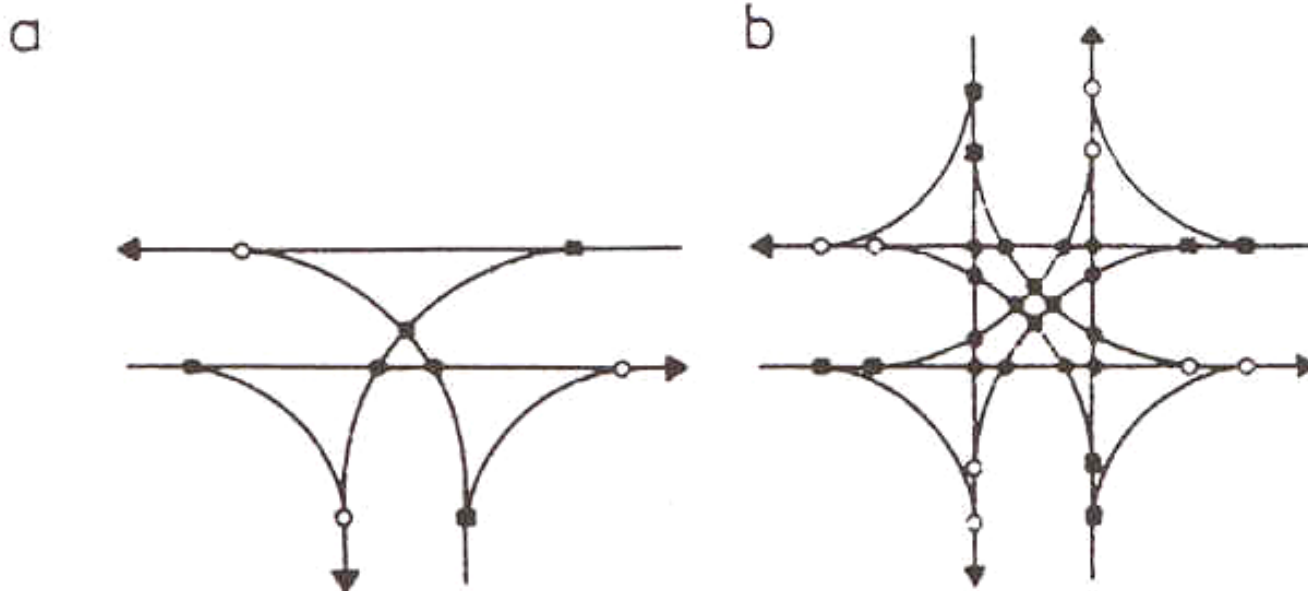


KAPACITA NEŘÍZENÉ KŘÍŽOVATKY

- ❖ dána počtem vozidel, která mohou projet křižovatku za určitý časový interval
- ❖ určuje se výpočtem kapacity vedlejších „podřazených“ dopravních proudů a z toho plynoucí doby zdržení na vjezdech z vedlejší komunikace
- ❖ podmíněna kapacitou v každém střetném bodu křižovatky, ve kterém dochází k přetínání, spojení nebo rozpojení dopravních proudů – viz obr. 0410



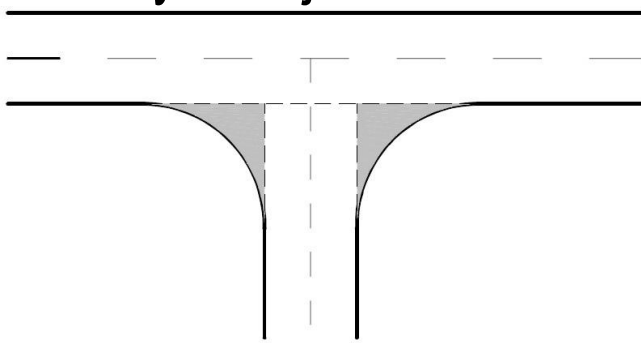
obr. 0410 (kolizní body u stykové a průsečné křižovatky)

- a) **styková křižovatka** – 3 paprsky (vjezdy)
- b) **průsečná křižovatka** – 4 paprsky (vjezdy)
- ❖ rozhodující pro celkovou výkonnost křižovatky je nejnepríznivější kombinace dopravních proudů (označení viz obr. 0420)

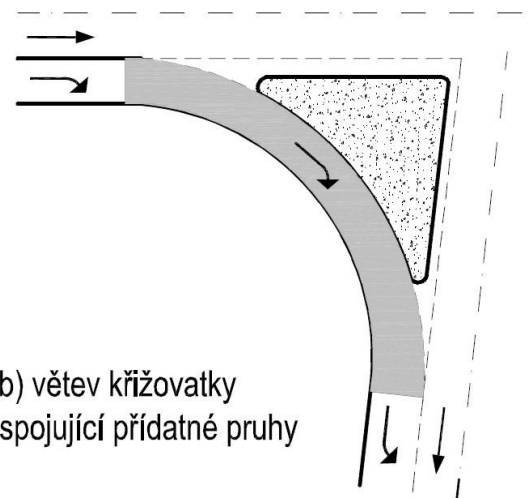
- 1. stupeň proudy 2, 3, 8
- 2. stupeň proudy 6, 7
(jednoduchá podřazenost proudům 1. stupně)
- 3. stupeň proud 4
(2-násobná podřazenost proudům 1. a 2. stupně)

Určení vzoru křižovatky:

- stanovuje řešení pravého odbočení (nároží nebo větev křižovatky – viz *obr. 0440*) na základě třídy křižujících se silnic



a) nároží křižovatky



b) větev křižovatky
spojující přídatné pruhy

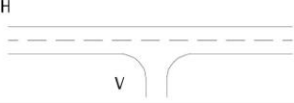
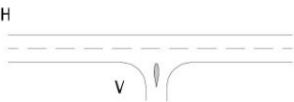
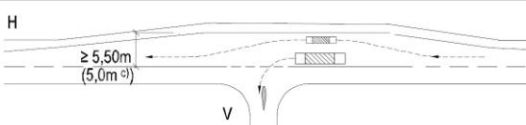
obr. 0440 (nároží a větev úrovnňové křižovatky)

- určit třídu obou silnic a následně vzor křižovatky („SÚK“) podle následující tabulky (vychází z předběžného určení návrhové kategorie silnic v ČSN 736101 – zjednodušeno a upraveno pro potřeby cvičení)

Stanovení vzoru stykové úrovňové křižovatky („SÚK“)			vedlejší silnice	
			S 6,5	S 7,5
			III. třída	II. třída
hlavní silnice	S 7,5	II. třída	SÚK IV	SÚK V
	S 9,5	II. třída	SÚK III	SÚK V
	S 11,5	I. třída	SÚK III	SÚK VI

Vzor křižovatky (definovaný v tabulce na *obr. 0450* – uvést do průvodní zprávy !!!) **stanovuje:**

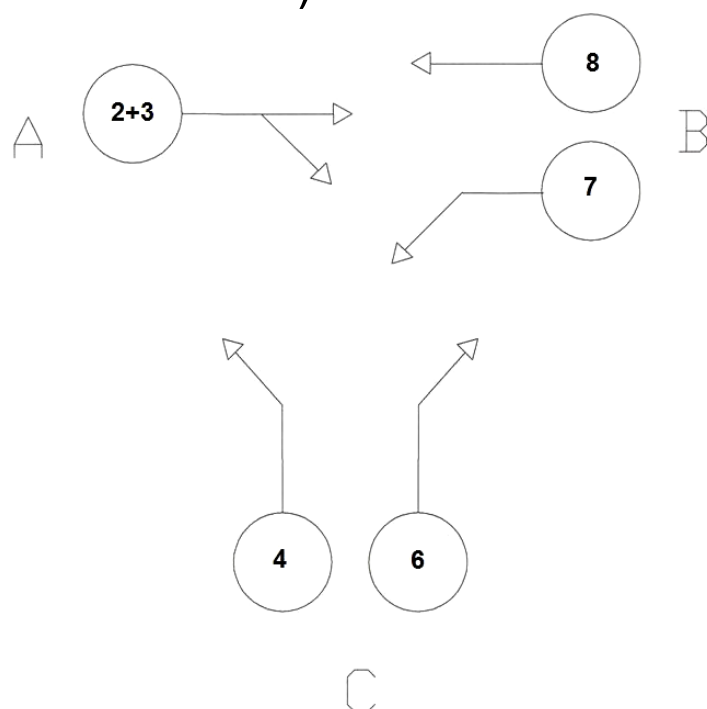
- řešení **pravého odbočení**
- existenci **odbočovacích pruhů** (zjednodušeno pro cvičení)

Označení křižovatky	Schéma typu	Usměrnění dopravy na		Třídy křižujících se silnic H/V
		hlavní silnici H ^{a)}	vedlejší silnici V ^{b)}	
SÚK I		—	—	a) III tř. / III tř. b) II tř. / III tř. ^{c)}
SÚK II		—	dělicí ostrůvek	a) III tř. / III tř. b) II tř. / III tř. c) II tř. / II tř. ^{c)}
SÚK III		—	dělicí a směrovací ostrůvek	a) II tř. / II tř. b) I tř. / II tř. ^{c)}
SÚK IV		rozšíření zpevněné krajnice pro objíždění vozidel odbočujících vlevo	—	a) II tř. / III tř. b) II tř. / II tř. c) I tř. / II tř. ^{c)}
SÚK V		dělicí ostrůvky a odbočovací pruhy pro levé odbočení	dělicí a směrovací ostrůvek	a) II tř. / II tř. b) I tř. / II tř.
SÚK VI		dělicí ostrůvky, odbočovací pruhy a připojovací pruhy	dělicí a směrovací ostrůvky	a) I tř. / II tř. b) I tř. / I tř.

a Hlavní komunikace
b Vedlejší komunikace
c Při nízké intenzitě dopravy

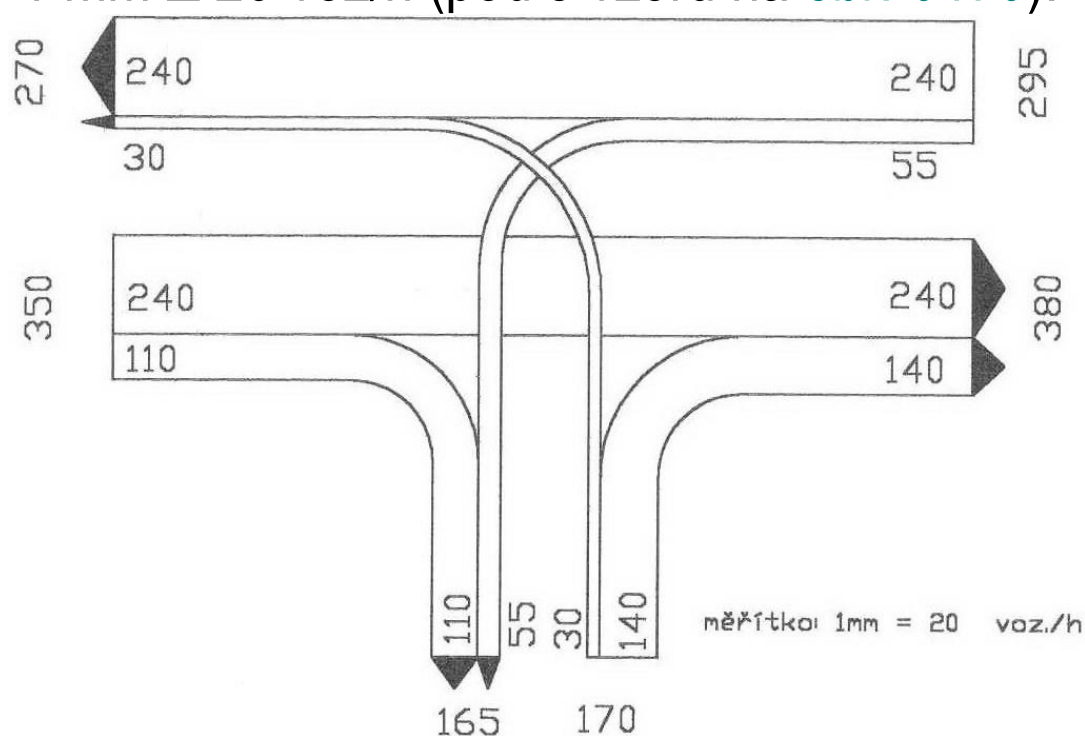
*obr. 0450 (doporučené vzory stykové úrovňové křižovatky na
2-pruhových silnicích)*

Nakreslit schéma uspořádání pruhů na křižovatce
(podle příkladu na *obr. 0460*):



obr. 0460 (příklad schématu uspořádání pruhů na křižovatce)

Nakreslit diagram intenzit (tzv. „pentlogram“) křižovatky –
měřítko 1 mm $\cong$ 20 voz/h (podle vzoru na *obr. 0470*):



obr. 0470 (příklad – diagram intenzit křižovatky)

Zadání – skutečná vozidla + podíl pomalých vozidel
(na hlavní a na vedlejší) $\Rightarrow$ přepočítat
na tzv. „pvoz/h“ (přepočtená vozidla / h) podle vztahu:

$$I_i[\text{pvoz} / \text{h}] = I_i[\text{voz} / \text{h}] \cdot \left(\frac{100\% - \text{ppv}[\%]}{100\%} + \frac{k_{pv} \cdot \text{ppv}[\%]}{100\%} \right)$$

- „ppv“ uvažovat podle *silnice* (hlavní / vedlejší),
ze které dopravní proud vyjíždí
- koeficient „ k_{pv} “ se *obecně* získá z *tabulky* na *obr. 0480*
 $\Rightarrow$ *ve cvičení* použít hodnotu $k_{pv} = 1,5$
(uvažovat pouze nákladní vozidla a autobusy)

Typ křižovatky	Jízdní kola	Motocykly	Osobní vozidla ^a	Nákladní vozidla, autobusy ^b	Nákladní soupravy, kloubové autobusy
Průměrné a stykové bez SSZ	0,5	0,8	1,0	1,5	2,0
Průměrné a stykové se SSZ	0,5	0,8	1,0	1,7	2,2
Okružní	0,5	0,8	1,0	2,0	3,0

^a Včetně nákladních vozidel do 3,5 t celkové hmotnosti.
^b Nákladní vozidla nad 3,5 t celkové hmotnosti mimo nákladních souprav a autobusy mimo kloubové autobusy.

*obr. 0480 (doporučené přepočtové koeficienty skladby
dopravního proudu)*

Výpočet kapacity je založen na:

- počtu časoprostorových *mezer mezi vozidly jízdního proudu s předností v jízdě* (nadřazený proud „j“),
přijatelných pro začlenění nebo křižování vozidel podřazeného proudu tak, aby jejich jízdní úkony byly plynulé, bezpečné a bez časových ztrát $\Rightarrow$ *podíl ($P^{k(j)}$)*

času nevzdutého dopravního proudu „j“ stupně „k“, jestliže je proud „j“ zároveň podřazen vůči jiným proudům stupně „k-1“

- stanovení kritického časového odstupu „ t_g “ [s] mezi vozidly nadřazeného proudu „i“ (1. čekající vozidlo) podle tabulky na obr. 0490

Hodnoty kritických časových odstupů t_g

Druh dopravního proudu	Číslo dopravního proudu	t_g [s]
Levé odbočení z hlavní	7/1	$t_g = 3,4 + 0,021 \cdot v_{85\%}$
Pravé odbočení z vedlejší	6/12	$t_g = 2,8 + 0,038 \cdot v_{85\%}$
Přímý průjezd z vedlejší	5/11	$t_g = 4,4 + 0,036 \cdot v_{85\%}$
Levé odbočení z vedlejší	4/10	$t_g = 5,2 + 0,022 \cdot v_{85\%}$

Funkce stanovující hodnotu t_g má své meze platnosti pro rychlosti v intervalu 30–90 km/h. Pro rychlosti menší než 30 km/h se dosadí 30 km/h a pro rychlosti nad 90 km/h se dosadí 90 km/h.

$v_{85\%}$ rychlost, kterou nepřekračuje 85 % vozidel v dopravním proudu na hlavní komunikaci [km/h].

obr. 0490 (hodnoty kritických časových odstupů t_g)

- „ t_g “ určit pro každý z dopravních proudů 4, 6 a 7
- „ $v_{85\%}$ “ = 90 km/h (ve cvičení dosazovat nejvyšší možnou mezní hodnotu 90 km/h)
- stanovení následného časového odstupu „ t_f “ [s] mezi vozidly podřazeného proudu „i“ (= střední hodnota časových odstupů mezi 2 následujícími čekajícími vozidly ve frontě za sebou, která se zařazují do stejného časového odstupu v nadřazeném dopravním proudu nebo v tomto odstupu nadřazený dopravní proud křižují) podle tabulky na obr. 0500
 - „ t_f “ určit pro každý z dopravních proudů 4, 6 a 7 podle druhu křižovatkového pohybu a úpravy přednosti v jízdě na vjezdu do křižovatky

Hodnoty následného časového odstupů t_f

Druh dopravního proudu	Číslo dopravního proudu	t_f [s]	
		P4	P6
levé odbočení z hlavní	7/1	2,6	
pravé odbočení z vedlejší	6/12	3,1	3,7
přímý průjezd z vedlejší	5/11	3,3	3,9
levé odbočení z vedlejší	4/10	3,5	4,1

P4 – přednost upravena dopravní značkou č. P 4 „Dej přednost v jízdě!“
P6 – přednost upravena dopravní značkou č. P 6 „Stůj, dej přednost v jízdě!“

obr. 0500 (hodnoty následných časových odstupů t_f)

Výpočet vychází z těchto hodnot:

- I_i [pvoz/h] **návrhové (výhledové) intenzity** dopravních proudů „i“ (ze zadaných hodnot „ I_i “ [voz/h] a „ppv“ [%])
- I_{Hi} [voz/h] **součty intenzit proudů nadřazených** proudu „i“ (vypočítat podle tabulky na *obr. 0510* se zohledněním existence odbočovacích pruhů)

Součet intenzit nadřazených dopravních proudů na stykové křižovatce

Podřazený proud	Číslo	Součet intenzit nadřazených dopravních proudů [voz/h]
Levé odbočení z hlavní	7	$I_2 + I_3$
Pravé odbočení z vedlejší	6	$I_2^{(2)} + 0,5 \cdot I_3^{(1)}$
Levé odbočení z vedlejší	4	$I_2 + 0,5 \cdot I_3^{(1)} + I_8 + I_7$

¹⁾ Pokud má dopravní proud 3 samostatný jízdní pruh, $I_3 = 0$.

²⁾ Když má dopravní proud 2 dva jízdní pruhy, použije se intenzita dopravního proudu pro pravý jízdní pruh $I_2/2$.

obr. 0510 (součty intenzit nadřazených dopravních proudů na stykové křižovatce)

- G_i [pvoz/h] **základní kapacita** proudu „i“
- C_i [pvoz/h] **kapacita** proudu „i“
- Rez_i [pvoz/h] **rezerva výkonnosti** proudu „i“
- $t_{w,i}$ [s] **střední doba zdržení** proudu „i“

- $p_{0,7}$ [-] pravděpodobnost nevzdutí nadřazeného dopravního proudu 7 (levé odbočení z hlavní)
- T [s] délka intervalu špičkového provozu
- $L_{95\%}$ [m] délka fronty čekajících vozidel

URČENÍ KAPACITY DOPRAVNÍHO PROUDU

Základní kapacita „ G_i “ proudu „ i “:

$$G_i = \frac{3600 \cdot e^{-\frac{I_{H,i}}{3600} \cdot \left(t_{g,i} - \frac{t_{f,i}}{2}\right)}}{t_{f,i}}$$

$[G_i] = \text{pvoz/h}$

$[I_{H,i}] = \text{voz/h}$

Určení kapacity „ C_i “ proudu „ i “:

1. proudy 1. stupně (2, 3, 8) – neposuzují se (nejsou ničím zdrženy)

2. proudy 2. stupně (6, 7) – 1. podřazenost

$$C_{6,\text{sam}} = G_6$$

$$C_{7,\text{sam}} = G_7$$

- pro proudy 6 a 7 na samostatných pruzích použít jako konečný výsledek kapacity proudu „ C “

3. proudy 3. stupně (4) – 2. podřazenost:

- samostatný pruh pro proud 7: $p_{0,7} = 1 - \frac{I_7}{C_{7,\text{sam}}}$
- společný pruh pro proudy 7 a 8:

$$C_{8,\text{sam}} = 1800$$

$$A_{7+8} = \frac{I_7}{C_{7,\text{sam}}} + \frac{I_8}{C_{8,\text{sam}}} = \frac{I_7}{C_{7,\text{sam}}} + \frac{I_8}{1800}$$

$$p_{0,7} = 1 - \frac{I_7}{C_{7,sam} \cdot (1 - A_{7+8})} \quad p_{0,7} \geq 0$$

- pro proud 4 na samostatném pruhu
použít jako **konečný výsledek** kapacity proudu „C“

$$C_{4,sam} = p_{0,7} \cdot G_4 \Rightarrow C_{4,sam} = G_4 \cdot \left(1 - \frac{I_7}{C_7}\right)$$

$$[I_7] = [I_8] = [G_4] = [C_{4,sam}] = [C_{7,sam}] = [C_{8,sam}] = \text{pvoz/h}$$

4. zohlednění vlivu společného pruhu pro proudy 7 a 8:

- C_{7+8} [pvoz/h]kapacita společného pruhu
s dopravními proudy 7 a 8

$$C_{8,sam} = 1800 \quad A_{7+8} = \frac{I_7}{C_{7,sam}} + \frac{I_8}{C_{8,sam}} = \frac{I_7}{C_{7,sam}} + \frac{I_8}{1800}$$

$$C_{7+8} = \frac{I_7 + I_8}{A_{7+8}}$$

$$C_{7+8} \leq 1800 \text{ pvoz/h}$$

$$[I_7] = [I_8] = [C_{7,sam}] = [C_{8,sam}] = [C_{7+8}] = \text{pvoz/h}$$

5. zohlednění vlivu společného pruhu pro 2 podřazené proudy 4 a 6:

- C_{4+6} [pvoz/h]kapacita společného pruhu
s dopravními proudy 4 a 6

$$A_{4+6} = \frac{I_4}{C_{4,sam}} + \frac{I_6}{C_{6,sam}}$$

$$C_{4+6} = \frac{I_4 + I_6}{A_{4+6}}$$

$$[I_4] = [I_6] = [C_{4,sam}] = [C_{6,sam}] = [C_{4+6}] = \text{pvoz/h}$$

URČENÍ REZERVY VÝKONNOSTI A DOBY ZDRŽENÍ

Pro každý pruh s dopravními proudy „i“ a „j“ stupně 2 a více stanovit **rezervu výkonnosti** „Rez_i“ / „Rez_{i+j}“ podle následujícího vztahu:

$$Rez_i = C_i - I_i$$

$$Rez_{i+j} = C_{i+j} - (I_i + I_j)$$

$$[Rez_i] = [Rez_{i+j}] = [C_i] = [C_{i+j}] = [I_i] = [I_{i+j}] = \text{pvoz/h}$$

Určit **střední dobu zdržení** „t_{w,i}“ / „t_{w,i+j}“:

$$t_w = \frac{3600}{C} + \left\{ \frac{T}{4} \cdot \left[\left(\frac{I}{C} - 1 \right) + \sqrt{\left(\frac{I}{C} - 1 \right)^2 + \frac{3600 \cdot 8 \cdot \min\left(\frac{I}{C}; 1\right)}{C \cdot T}} \right] \right\}$$

$$T = 3600 \text{ s}$$

$$t_w = \frac{3600}{C} + \left\{ 900 \cdot \left[\left(\frac{I}{C} - 1 \right) + \sqrt{\left(\frac{I}{C} - 1 \right)^2 + \frac{8 \cdot \min\left(\frac{I}{C}; 1\right)}{C}} \right] \right\}$$

■ pro **samostatný pruh** dopravního **proudu** „i“:

• $I_i < C_{i,sam}$:

$$t_{w,i} = \frac{3600}{C_{i,sam}} + \left\{ 900 \cdot \left[\left(\frac{I_i}{C_{i,sam}} - 1 \right) + \sqrt{\left(\frac{I_i}{C_{i,sam}} - 1 \right)^2 + \frac{8 \cdot I_i}{C_{i,sam}^2}} \right] \right\}$$

• $I_i \geq C_{i,sam}$:

$$t_{w,i} = \frac{3600}{C_{i,sam}} + \left\{ 900 \cdot \left[\left(\frac{l_i}{C_{i,sam}} - 1 \right) + \sqrt{\left(\frac{l_i}{C_{i,sam}} - 1 \right)^2 + \frac{8}{C_{i,sam}}} \right] \right\}$$

- pro **společný pruh** dopravních proudů „i“ a „j“:

- $l_i + l_j < C_{i+j}$:

$$t_{w,i+j} = \frac{3600}{C_{i+j}} + \left\{ 900 \cdot \left[\left(\frac{l_i + l_j}{C_{i+j}} - 1 \right) + \sqrt{\left(\frac{l_i + l_j}{C_{i+j}} - 1 \right)^2 + \frac{8 \cdot (l_i + l_j)}{C_{i+j}^2}} \right] \right\}$$

- $l_i + l_j \geq C_{i+j}$:

$$t_{w,i+j} = \frac{3600}{C_{i+j}} + \left\{ 900 \cdot \left[\left(\frac{l_i + l_j}{C_{i+j}} - 1 \right) + \sqrt{\left(\frac{l_i + l_j}{C_{i+j}} - 1 \right)^2 + \frac{8}{C_{i+j}}} \right] \right\}$$

Určit **délku fronty** čekajících vozidel „ $L_{95\%,i}$ “ / „ $L_{95\%,i+j}$ “:

- pro **samostatný pruh** dopravního proudu „i“:

$$L_{95\%,i} = \left(\frac{3}{2} \cdot C_{i,sam} \right) \cdot \left[\frac{l_i}{C_{i,sam}} - 1 + \sqrt{\left(\frac{l_i}{C_{i,sam}} - 1 \right)^2 + \frac{24 \cdot l_i}{C_{i,sam}^2}} \right]$$

- pro **společný pruh** dopravních proudů „i“ a „j“:

$$L_{95\%,i+j} = \left(\frac{3}{2} \cdot C_{i+j} \right) \cdot \left[\frac{l_i + l_j}{C_{i+j}} - 1 + \sqrt{\left(\frac{l_i + l_j}{C_{i+j}} - 1 \right)^2 + \frac{24 \cdot (l_i + l_j)}{C_{i+j}^2}} \right]$$

VÝSLEDNÉ POSOUZENÍ A USPOŘÁDÁNÍ VÝSLEDKŮ

- ❖ pro každý pruh **určit úroveň kvality dopravy „UKD“**
podle znalosti **střední doby zdržení „ $t_{w,i}$ “ / „ $t_{w,i+j}$ “**:

UKD		t_w
označení	slovní charakteristika	[s]
A	doba zdržení velmi malá	0 – 10
B	zdržení ještě bez front	10 – 20
C	ojedinělé krátké fronty, citelná doba zdržení	20 – 30
D	stabilní stav s vysokými ztrátami $\Rightarrow$ fronta vozidel	30 – 45
E	nestabilní stav (fronta), zdržení se nesnižuje, citlivé chování závislosti zatížení a ztrát	> 45
F	překročená kapacita, přetížená křižovatka, fronta vozidel narůstá	$Rez_i < 0$

POSOUZENÍ

- ❖ norma ČSN 73 6102 požaduje následující UKD_p :
 - $S I \dots \dots \dots UKD_p = C$
 - $S II \dots \dots \dots UKD_p = D$
 - $S III \dots \dots \dots UKD_p = E$
- ❖ cvičení $\Rightarrow$ křižovatka kapacitně vyhoví, pokud $UKD \leq UKD_p$ pro každý dopravní proud dle třídy silnice
- ❖ výsledky uspořádat do přehledné tabulky:

Proud (i)	2 + 8	3	7	6	4
Stupeň (k)	1	1	2	2	3
ZADANÉ A PRACOVNÍ HODNOTY					
I_i [voz/h]					
I_i [pvoz/h]					
$t_{g,i}$ [s]					
$t_{f,i}$ [s]					
$I_{H,i}$ [voz/h]					
$p_{0,i}$ [–]					
URČENÍ KAPACITY, REZERVY, DÉLKY FRONTY A UKD					
G_i [pvoz/h]					
C_i [pvoz/h]					
Rez_i [pvoz/h]					
$t_{w,i}$ [s]					
$L_{95\%,i}$ [m]					
$UKD_{p,i}$ [A/B/C/D/E]					
UKD_i [A/B/C/D/E/F]					
kapacitně vyhoví [A/N]					

- ❖ ve spodní části „URČENÍ KAPACITY, REZERVY, DÉLKY FRONTY A UKD“ sloučit buňky a uvést **společné údaje** pro společný pruh 2 dopravních proudů:
 - *sloučený sloupec „4+6“ (místo 2 sloupců „4“ a „6“)*
 - *sloupec „7+8“ (místo sloupce „7“)*
- ❖ do průvodní zprávy **slovně napsat** výše učiněný závěr, kompletní **výpočet** včetně vzorců
- ❖ pozor na **jednotky** !!!