



Freeway Traffic Analysis

Basic Section

حركة المرور على الطرق السريعة
القسم البسيط

Dr. Beshr Sultan

What Is a Freeway?

ما هي الطرق السريعة

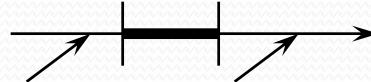
- منفصلة الاتجاه
- معزولة التقاطعات (كل التقاطعات متعددة المستويات)
- حارتي أو أكثر في كل اتجاه
- لا يوجد إعاقات للحركة (مطبات سرعة – معابر مشاة – حواجز – إشارات ضوئية).
- لا يسمح للعربات الخاصة (ثقيلة – بطيئة – كبيرة جداً بالسير عليها).

Freeway System Components

أقسام الطرق السريعة

Basic Sections

قسم بسيط



الطرق السريعة

Freeway Systems

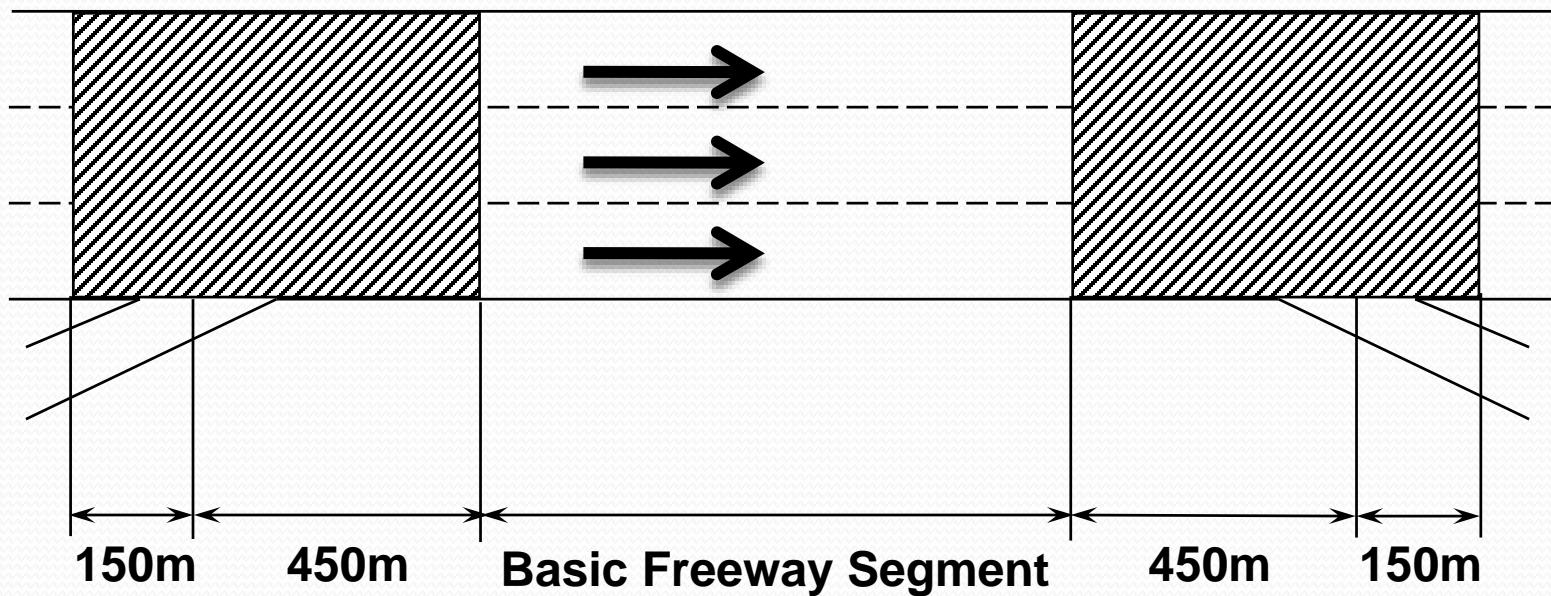
Weaving Areas

قسم تماوج

Ramp Junctions

قسم اندماج أو تفرع

هو القسم الذي لا بكل من الحركة الداخلة أو الخارجة من الطريق السريع و لا تعاني من تماوج بسبب تقارب العقد الطرقية من بعضها البعض.



- **سعة الطرق السريعة:**
هي أكبر غزارة مرورية مستدامة يمكن للطريق السريع أن يخدمها خلال ١٥ دقيقة مقدرة بوحدة عربة سياحية بالساعة للحارة الواحدة و ذلك على قسم متجانس من الطريق ضمن الظروف الطبيعية باتجاه معين.
- **السرعة الحرة:**
متوسط سرعة السيارات السياحية في حالة الغزارة المنخفضة أو المتوسطة (أقل من ١٣٠٠ عربة / ساعة / حارة) و ذلك في الظروف الطبيعية.

- في حال وجود حارة مخصصة لنوع محدد من العربات (الشاحنات – الباصات ... إلخ)
- على الجسور أو في الأنفاق الطويلة
- قسم الطريق القريب من مخارج الطرق السريعة حيث يتم دفع أجور الاستخدام (Toll System)
- إذا كانت السرعة الحرة أكبر من ١٢٠ كم/سا أو أقل من ٩٠ كم/سا
- عندما يزيد الطلب عن السعة بشكل كبير.
- عندما يكون قسم الطريق متأثراً باختناق مروري ناتج عن حادث أو أعمال صيانة طرقية
- إذا كانت الحركة مقيدة بحدود سرعة بطيئة – وجود دوريات شرطة للمراقبة أو أي نظام تحكم بالحركة سواء على الطريق أو ضمن العربات

العوامل التالية تتحكم بآلية تقسيم الطريق إلى أجزاء:

- تغير بعدد حارات المرور
- تغير في مقدار الفضاء الجانبي .
- التغير في الميل إلى ما يزيد عن ٢ %
- مجود ميل دائم صاعد على مسافة أطول من ١٢٠٠ متر.
- تغير في حدود السرعة.

- الظروف التي تقدر عنها السعة في الحالة الأساسية البسيطة هي:
 - ظروف مناخية جيدة (جاف - بدون صقيع - بدون حرارة عالية)
 - ظروف الرؤية جيدة بدون أشجار قرية أو إضاءة خافتة أو إضاءة مبهرا.
 - لا توجد حوادث مرورية على الطريق.
- أي تغيير في هذه الظروف المثالبة سيؤدي إلى انخفاض في متوسط السرعة و مستوى الخدمة و سعة الطريق السريع.

- عرض الحارة الواحدة لا يقل عن ٣,٦ متر
- الفضاء العرضي:
 - ❖ على الأقل ١,٨ متر من الجهة اليمنة للطريق (خارج الطريق near-side)
 - ❖ على الأقل ٠,٦ متر من الجهة اليسارية للطريق (الداخلية Off-side أو جهة المنصف)
- جميع العربات سياحية
- السائقين معتادين على الطريق
- المسافة بين العقد الطرقية لا تقل عن ٣,٦ كم
- الميل الطولية للطريق لا تزيد عن ٢%
- سرعة الغزاره الحرة [Free Flow Speed (FFS)] أكبر أو تساوي ١٠٠ كم/سا

Freeway Capacity

مناطق خارجية بعيدة عن المدن:

- 2,400 pcphpl (110 km/h)
- 2,350 pcphpl (105 km/h)
- 2,300 pcphpl (100 mph)
- 2,250 pcphpl (90 mph)

مناطق حضرية

- 2,200 pcphpl (100 km/h)
- 2,100 (90 km/h)
- 2,000 (80 km/h)
- 1,900 (60 km/h)

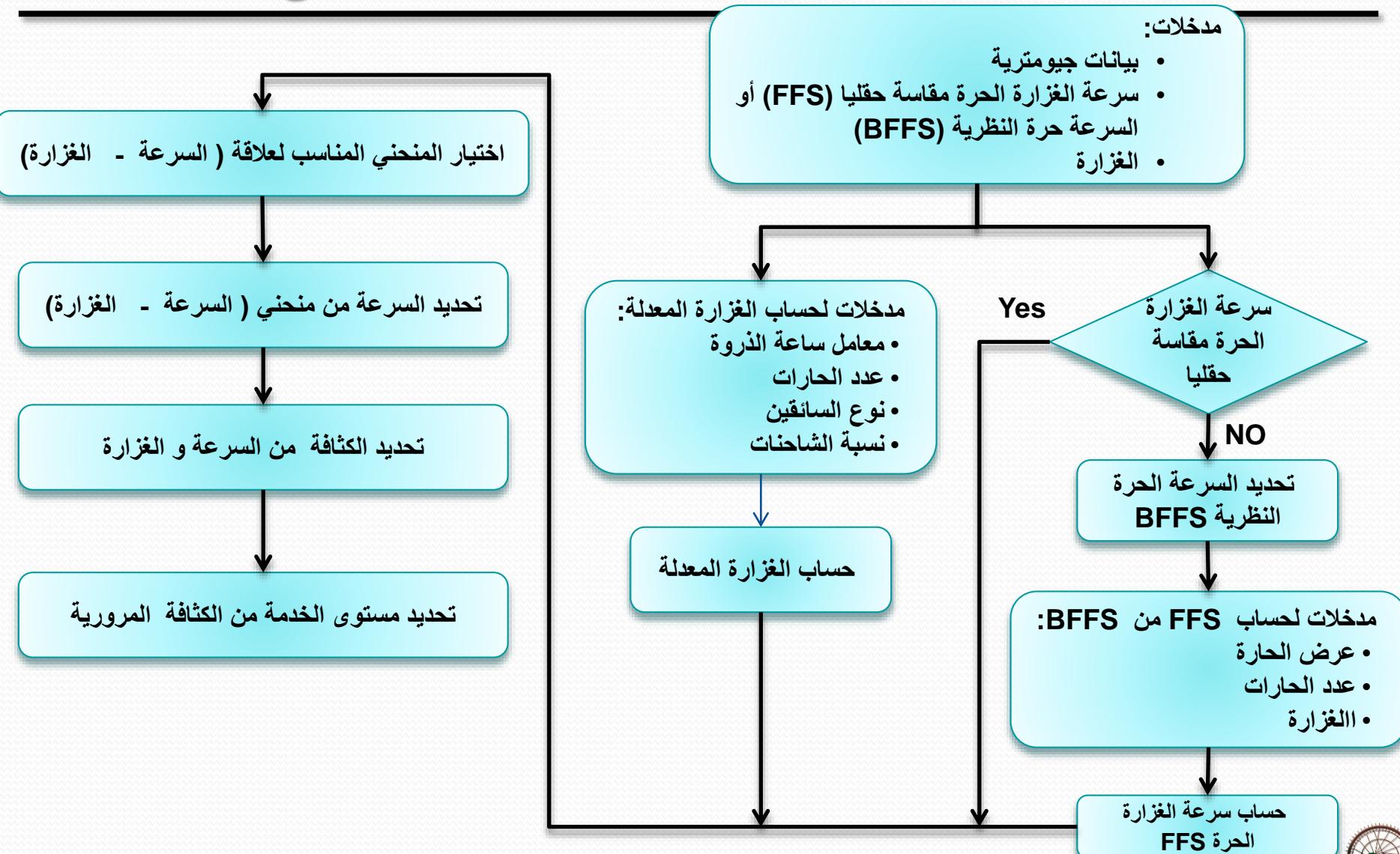
- 2-lane rural – 2,800 pcph

لاحظ أن :

- السعة تتأثر بمستوى السرعة الحرة.
- السعة تعطى للحارة الواحدة.

Procedure for Calculating LOS

خطوات حساب مستوى الخدمة



LOS Table

جدول قيم البارامترات لتحديد LOS

EXHIBIT 23-2. LOS CRITERIA FOR BASIC FREEWAY SEGMENTS

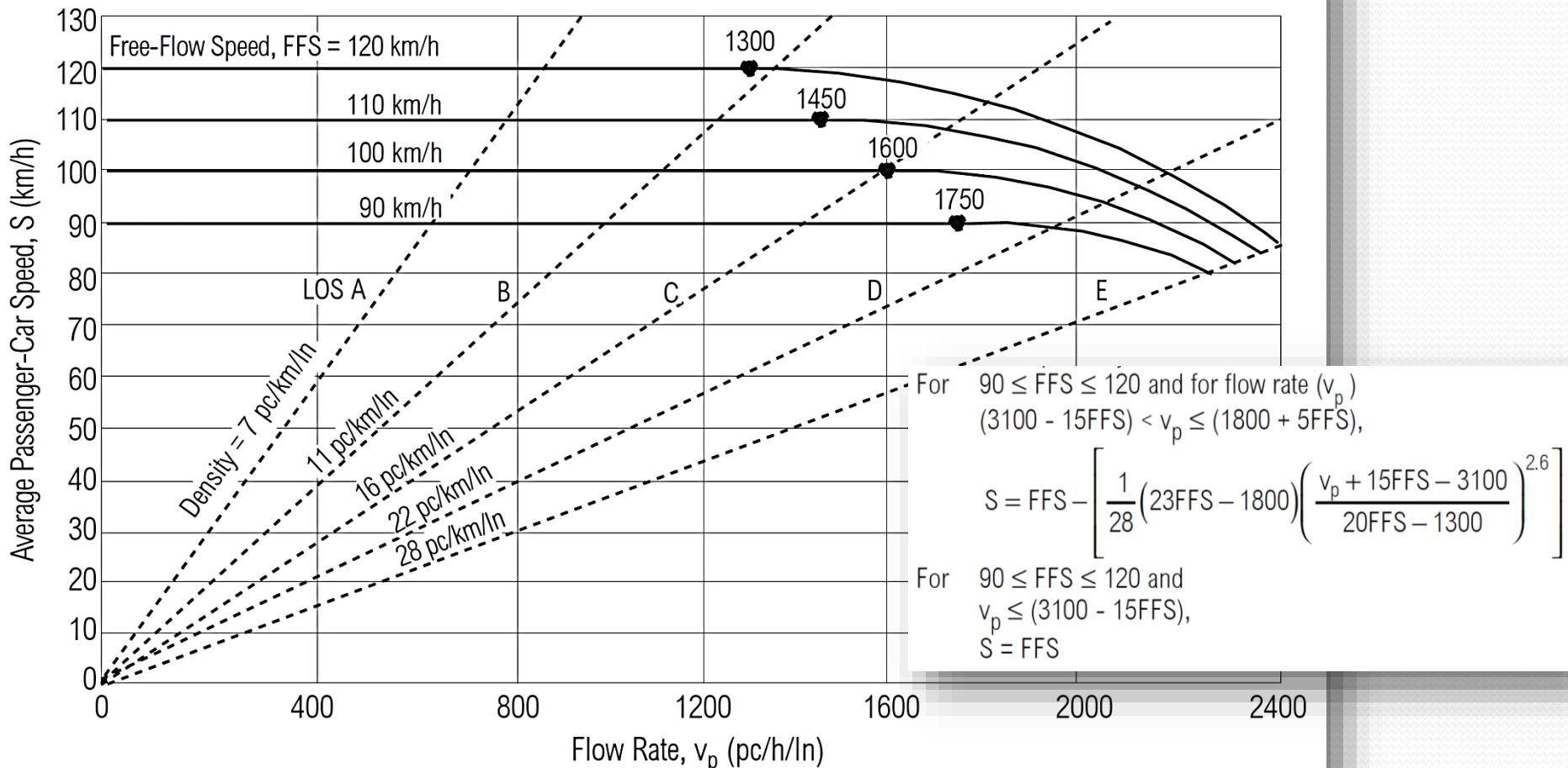
Criteria	LOS				
	A	B	C	D	E
FFS = 120 km/h					
Maximum density (pc/km/ln)	7	11	16	22	28
Minimum speed (km/h)	120.0	120.0	114.6	99.6	85.7
Maximum v/c	0.35	0.55	0.77	0.92	1.00
Maximum service flow rate (pc/h/ln)	840	1320	1840	2200	2400
FFS = 110 km/h					
Maximum density (pc/km/ln)	7	11	16	22	28
Minimum speed (km/h)	110.0	110.0	108.5	97.2	83.9
Maximum v/c	0.33	0.51	0.74	0.91	1.00
Maximum service flow rate (pc/h/ln)	770	1210	1740	2135	2350
FFS = 100 km/h					
Maximum density (pc/km/ln)	7	11	16	22	28
Minimum speed (km/h)	100.0	100.0	100.0	93.8	82.1
Maximum v/c	0.30	0.48	0.70	0.90	1.00
Maximum service flow rate (pc/h/ln)	700	1100	1600	2065	2300
FFS = 90 km/h					
Maximum density (pc/km/ln)	7	11	16	22	28
Minimum speed (km/h)	90.0	90.0	90.0	89.1	80.4
Maximum v/c	0.28	0.44	0.64	0.87	1.00
Maximum service flow rate (pc/h/ln)	630	990	1440	1955	2250



Flow-Speed Graph

منحنى العلاقة بين السرعة و الغزاره

EXHIBIT 23-3. SPEED-FLOW CURVES AND LOS FOR BASIC FREEWAY SEGMENTS



Note:

Capacity varies by free-flow speed. Capacity is 2400, 2350, 2300, and 2250 pc/h/ln at free-flow speeds of 120, 110, 100, and 90 km/h, respectively.



يمكن قياس سرعة الغزاره الحرة حقليا خلال الغزارات المنخفضة حيث تؤخذ بما يعادل مستوى ٨٥٪ من توزع السرعات المقاسة حقليا. في حال عدم التمكن من قياس FFS حقليا نلجأ للطريقة الحسابية:

$$FFS = BFFS - f_{LW} - f_{LC} - f_N - f_{ID} \quad (23-1)$$

where

- FFS = free-flow speed (km/h);
 $BFFS$ = base free-flow speed, 110 km/h (urban) or 120 km/h (rural);
 f_{LW} = adjustment for lane width from Exhibit 23-4 (km/h);
 f_{LC} = adjustment for right-shoulder lateral clearance from Exhibit 23-5 (km/h);
 f_N = adjustment for number of lanes from Exhibit 23-6 (km/h); and
 f_{ID} = adjustment for interchange density from Exhibit 23-7 (km/h).

تقدر السرعة الحرة النظرية (BFFS) من خلال حدود السرعة المسموحة على الطريق مضافا إليها ١٠ كم/سا:

$$BFFS = \text{Speed Limit} + 10 \text{ km/h}$$

EXHIBIT 23-4. ADJUSTMENTS FOR LANE WIDTH

Lane Width (m)	Reduction in Free-Flow Speed, f_{LW} (km/h)
3.6	0.0
3.5	1.0
3.4	2.1
3.3	3.1
3.2	5.6
3.1	8.1
3.0	10.6

- Distance to fixed objects and it is assumed that:
 - $\geq 1.8m$ from right edge of travel lanes to obstruction
 - $\geq 0.6m$ from left edge of travel lane to object in median
- Otherwise:

EXHIBIT 23-5. ADJUSTMENTS FOR RIGHT-SHOULDER LATERAL CLEARANCE

Right-Shoulder Lateral Clearance (m)	Reduction in Free-Flow Speed, f_{LC} (km/h)			
	Lanes in One Direction			
	2	3	4	≥ 5
≥ 1.8	0.0	0.0	0.0	0.0
1.5	1.0	0.7	0.3	0.2
1.2	1.9	1.3	0.7	0.4
0.9	2.9	1.9	1.0	0.6
0.6	3.9	2.6	1.3	0.8
0.3	4.8	3.2	1.6	1.1
0.0	5.8	3.9	1.9	1.3

Adjustment for Number of Lanes

التعديل من أجل عدد الレーン

- For Urban freeways f_N is obtained from:

EXHIBIT 23-6. ADJUSTMENTS FOR NUMBER OF LANES

Number of Lanes (One Direction)	Reduction in Free-Flow Speed, f_N (km/h)
≥ 5	0.0
4	2.4
3	4.8
2	7.3

- For Rural freeways f_N is considered 0.0



Interchange Density Adjustment

التعديل من أجل كثافة العقد الطرقية

EXHIBIT 23-7. ADJUSTMENTS FOR INTERCHANGE DENSITY

Interchanges per Kilometer	Reduction in Free-Flow Speed, f_{ID} (km/h)
≤ 0.3	0.0
0.4	1.1
0.5	2.1
0.6	3.9
0.7	5.0
0.8	6.0
0.9	8.1
1.0	9.2
1.1	10.2
1.2	12.1



$$v_p = \frac{V}{PHF * N * f_{HV} * f_p} \quad (23-2)$$

where

- v_p = 15-min passenger-car equivalent flow rate (pc/h/ln),
 V = hourly volume (veh/h),
 PHF = peak-hour factor,
 N = number of lanes,
 f_{HV} = heavy-vehicle adjustment factor, and
 f_p = driver population factor.



Peak Hour Factor (PHF)

معامل ساعة الذروة (PHF)

- ❖ يستخدم معامل ساعة الذروة (PHF) للتعويض عن تفاوت الغزاراة ضمن الساعة الواحدة.
- ❖ القيمة الاعتيادية للعامل (PHF) بين ٠,٨ و ٠,٩٥.
- ❖ على الطرقات البعيدة عن المناطق الحضرية قيمة معامل الذروة PHF تنقص في حين أنها تزداد في المناطق الحضرية.
- ❖ قدر الإمكان يجب قياس قيمة PHF حقلياً لتعبر عن واقع الحركة المرورية.

- تؤثر الشاحنات الثقيلة على حركة المرور لأنها بطيئة و أكبر حجما من السيارات السياحية
- معامل f_{hv} يؤدي إلى زيادة عدد السيارات نظريا على الطريق ليعادل أثر الشاحنات.

$$f_{HV} = \frac{1}{1 + P_T(E_T - 1) + P_R(E_R - 1)} \quad (23-3)$$

where

- E_T and E_R = passenger-car equivalents for trucks and buses and for recreational vehicles (RVs), respectively;
 P_T and P_R = proportion of trucks and buses, and RVs, respectively, in the traffic stream (expressed as a decimal fraction); and
 f_{HV} = adjustment factor for heavy vehicles.

EXHIBIT 23-8. PASSENGER-CAR EQUIVALENTS ON EXTENDED FREEWAY SEGMENTS

Factor	Type of Terrain		
	Level	Rolling	Mountainous
E_T (trucks and buses)	1.5	2.5	4.5
E_R (RVs)	1.2	2.0	4.0

- حيث تكون المنحنيات الأفقية و الشاقولية للطريق تسمح للشاحنات بالمحافظة على سرعة قريبة من السيارات السياحية (١% إلى ٢% ميل طولية).
- حيث تؤثر المنحنيات الأفقية و الشاقولية للطريق بالحد من سرعة و تسارع الشاحنات لكن ليس بالشكل الذي يجعلها بطيئة جدا..
- حيث تؤثر المنحنيات الأفقية و الشاقولية على حركة الشاحنات بشكل كبير مما يبطئها بشكل كبير.
- أي قسم من الطريق حيث طوله أكبر من ١,٦ كم و ميل أقل أو يساوي ٣% أو طوله ٠,٨ كم و ميل أكبر من ٣% يجب أن يعتبر قسم مستقل.



E_T Factor Upgrades

EXHIBIT 23-9. PASSENGER-CAR EQUIVALENTS FOR TRUCKS AND BUSES ON UPGRADES

Upgrade (%)	Length (km)	E _T								
		Percentage of Trucks and Buses								
		2	4	5	6	8	10	15	20	25
< 2	All	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
$\geq 2\text{--}3$	0.0–0.4	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	> 0.4–0.8	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	> 0.8–1.2	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	> 1.2–1.6	2.0	2.0	2.0	2.0	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	> 1.6–2.4	2.5	2.5	2.5	2.5	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
	> 2.4	3.0	3.0	2.5	2.5	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
$> 3\text{--}4$	0.0–0.4	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	> 0.4–0.8	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	1.5	1.5	1.5
	> 0.8–1.2	2.5	2.5	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
	> 1.2–1.6	3.0	3.0	2.5	2.5	2.5	2.5	2.0	2.0	2.0
	> 1.6–2.4	3.5	3.5	3.0	3.0	3.0	3.0	2.5	2.5	2.5
	> 2.4	4.0	3.5	3.0	3.0	3.0	3.0	2.5	2.5	2.5
$> 4\text{--}5$	0.0–0.4	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	> 0.4–0.8	3.0	2.5	2.5	2.5	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
	> 0.8–1.2	3.5	3.0	3.0	3.0	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
	> 1.2–1.6	4.0	3.5	3.5	3.5	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0
	> 1.6	5.0	4.0	4.0	4.0	3.5	3.5	3.0	3.0	3.0
	0.0–0.4	2.0	2.0	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
$> 5\text{--}6$	> 0.4–0.5	4.0	3.0	2.5	2.5	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
	> 0.5–0.8	4.5	4.0	3.5	3.0	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
	> 0.8–1.2	5.0	4.5	4.0	3.5	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0
	> 1.2–1.6	5.5	5.0	4.5	4.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0
	> 1.6	6.0	5.0	5.0	4.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5
	0.0–0.4	4.0	3.0	2.5	2.5	2.5	2.5	2.0	2.0	2.0
> 6	> 0.4–0.5	4.5	4.0	3.5	3.5	3.5	3.0	2.5	2.5	2.5
	> 0.5–0.8	5.0	4.5	4.0	4.0	3.5	3.0	2.5	2.5	2.5
	> 0.8–1.2	5.5	5.0	4.5	4.5	4.0	3.5	3.0	3.0	3.0
	> 1.2–1.6	6.0	5.5	5.0	5.0	4.5	4.0	3.5	3.5	3.5
	> 1.6	7.0	6.0	5.5	5.5	5.0	4.5	4.0	4.0	4.0



E_R Factor Upgrade

EXHIBIT 23-10. PASSENGER-CAR EQUIVALENTS FOR RVs ON UPGRADES

Upgrade (%)	Length (km)	E_R								
		Percentage of RVs								
		2	4	5	6	8	10	15	20	25
≤ 2	All	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
> 2–3	0.0–0.8	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
	> 0.8	3.0	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.2	1.2	1.2
> 3–4	0.0–0.4	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
	> 0.4–0.8	2.5	2.5	2.0	2.0	2.0	2.0	1.5	1.5	1.5
	> 0.8	3.0	2.5	2.5	2.5	2.0	2.0	1.5	1.5	1.5
> 4–5	0.0–0.4	2.5	2.0	2.0	2.0	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	> 0.4–0.8	4.0	3.0	3.0	3.0	2.5	2.5	2.0	2.0	2.0
	> 0.8	4.5	3.5	3.0	3.0	3.0	2.5	2.5	2.0	2.0
> 5	0.0–0.4	4.0	3.0	2.5	2.5	2.5	2.0	2.0	2.0	1.5
	> 0.4–0.8	6.0	4.0	4.0	3.5	3.0	3.0	2.5	2.5	2.0
	> 0.8	6.0	4.5	4.0	4.5	3.5	3.0	3.0	2.5	2.0



E_T Factor Downgrade

EXHIBIT 23-11. PASSENGER-CAR EQUIVALENTS FOR TRUCKS AND BUSES ON DOWNGRADES

Downgrade (%)	Length (km)	E_T			
		Percentage of Trucks			
		5	10	15	20
< 4	All	1.5	1.5	1.5	1.5
4–5	≤ 6.4	1.5	1.5	1.5	1.5
4–5	> 6.4	2.0	2.0	2.0	1.5
> 5–6	≤ 6.4	1.5	1.5	1.5	1.5
> 5–6	> 6.4	5.5	4.0	4.0	3.0
> 6	≤ 6.4	1.5	1.5	1.5	1.5
> 6	> 6.4	7.5	6.0	5.5	4.5

For Recreational Vehicles (RVs), downgrades may be treated as level terrain when considering E_R value.



E_T Factor Composite Grade

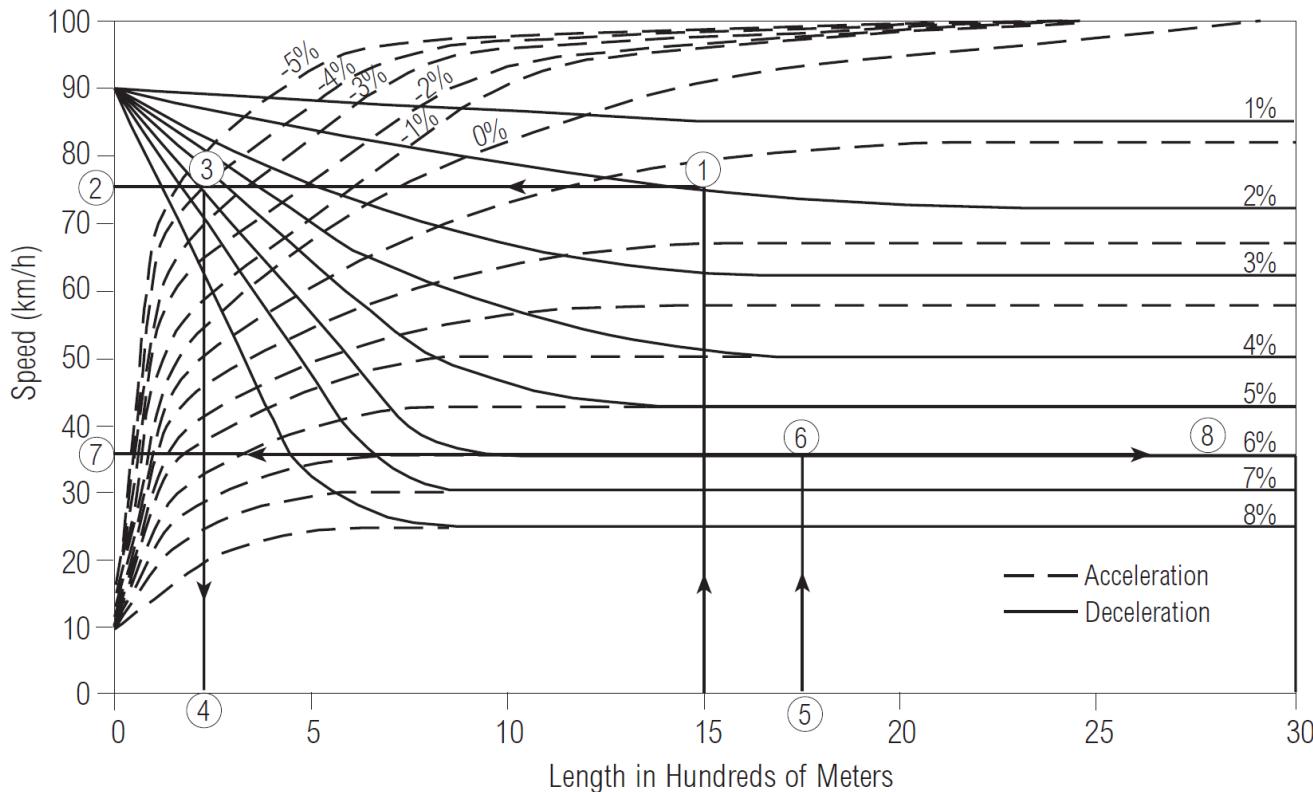
معامل نسبة الشاحنات (2) حالة الميل المركب

في حالة وجود عدة ميول في قسم الطريق المدروس نميز حالتين:

- طول كل جزء بميول ثابت أقل من 1200 متر و الميل $\geq 4\%$ نحسب الميل المعادل (EG) من العلاقة:

$$EG = \Sigma \text{rise} / \Sigma (\text{length of grades}).$$

EXHIBIT A23-1. SAMPLE SOLUTION FOR COMPOSITE GRADE



● طول جزء واحد على الأقل يزيد عن 1200 متر أو الميل الطولية أكثر من 4% يتم استخدام الرسم A23-1 لتقدير الميل المكافئ

Segment 1 is 1500 m long with a 2 percent upgrade,
Segment 2 is 1500 m long with a 6 percent upgrade



- ❖ السائقين غير المعتادين على الطريق يؤثرون على سعة الطريق و لتمثيل ذلك يستخدم العامل f_p .
- ❖ قيمة العامل f_p يمكن أن تكون بين ٠,٨٥ و ١,٠٠ .
- ❖ بشكل عام تستخدم القيمة ١,٠٠ إلا في الحالات التي توجد فيها أدلة على أن السائقين غير معتادين على الطريق.

Calculate Density

$$D = \frac{v_p}{S} \quad (23-4)$$

where

D = density (pc/km/ln),

v_p = flow rate (pc/h/ln), and

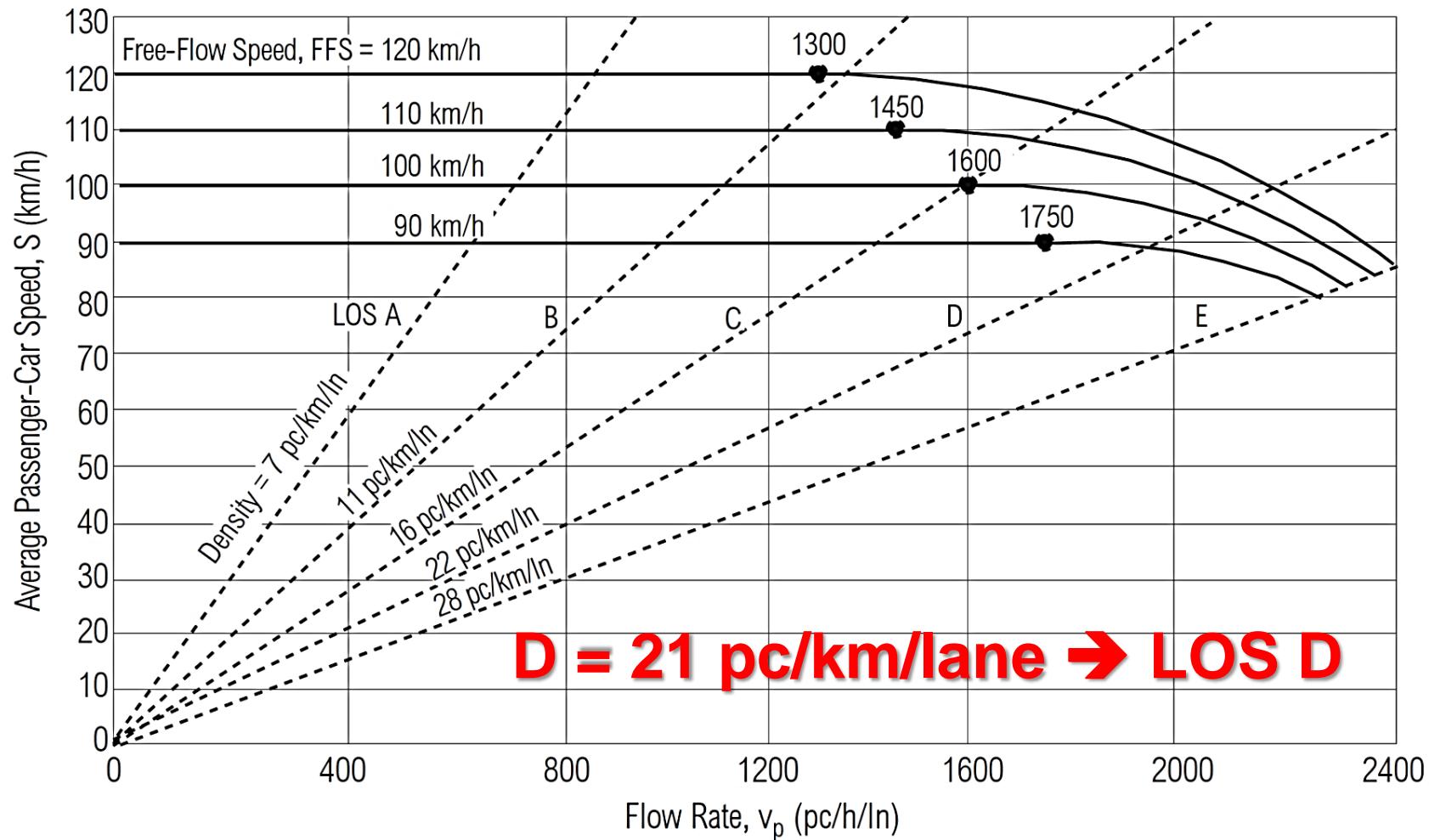
S = average passenger-car speed (km/h).



Determine LOF

حساب مستوى الخدمة

EXHIBIT 23-3. SPEED-FLOW CURVES AND LOS FOR BASIC FREEWAY SEGMENTS



Discussion

من أجل رفع مستوى الخدمة على الطريق يمكن أن نعمد إلى:

- زيادة الفضاء الجانبي.
- زيادة عرض الارض.
- زيادة عدد الارات.

Thank You For Listening

