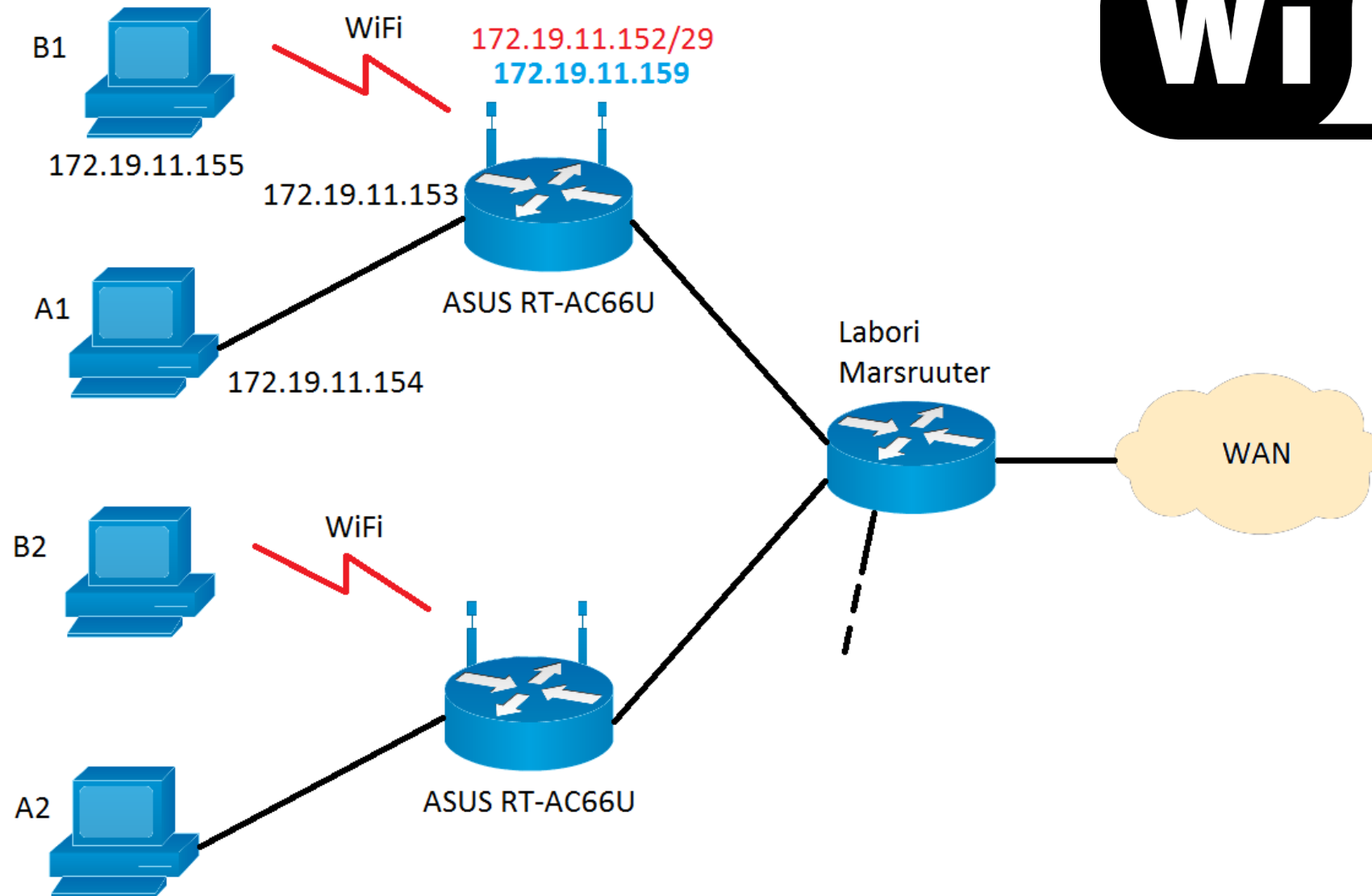


10. Marsruutimine

Side IRT3930

Ivo Mürsepp

4. praktikum



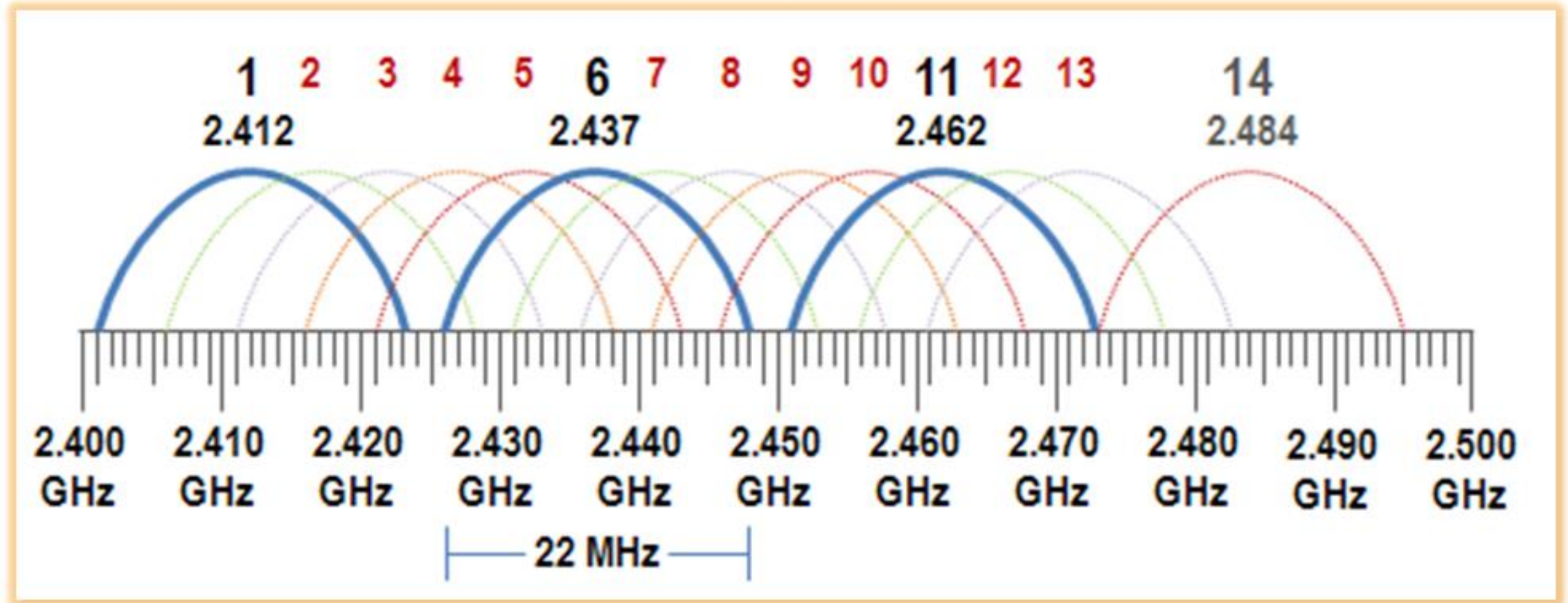
Sagedused ja võimsused

- 2400 - 2483,5 MHz: $EIRP \leq 100 \text{ mW}$
 - 5150 - 5350 MHz: $EIRP \leq 200 \text{ mW}$ – ainult siseruumides
 - 5470 – 5725 MHz: $EIRP \leq 1 \text{ W}$
-
- *EIRP* – Ekvivalentne isotroopne kiirgusvõimsus (*Effective Isotropic Radiated Power*)

$$EIRP = P_s \cdot G_s [W]$$

$$EIRP = P_s + G_s [dBm]$$

2,4 GHz kanali jaotus



Sumbumus

- Vaba ruumi kadu

$$FSL = \left(\frac{4\pi d}{\lambda} \right)^2$$

- Logaritmilistes ühikutes

$$FSL = 20\log(d) + 20\log(f) - 147,55 [dB]$$

Sagedusala 2,4 GHz	
kaugus	Sumbuvus (dB)
100 m	80,2
200 m	86,2
500 m	94,2
1 km	100,2
2 km	106,2
5 km	114,2
10 km	120,2

Today 7:37 PM

What's your address

127.0.0.1

Read 7:38 PM

No shit dork, your physical address

00:25:B5:AA:01:1F

Delivered

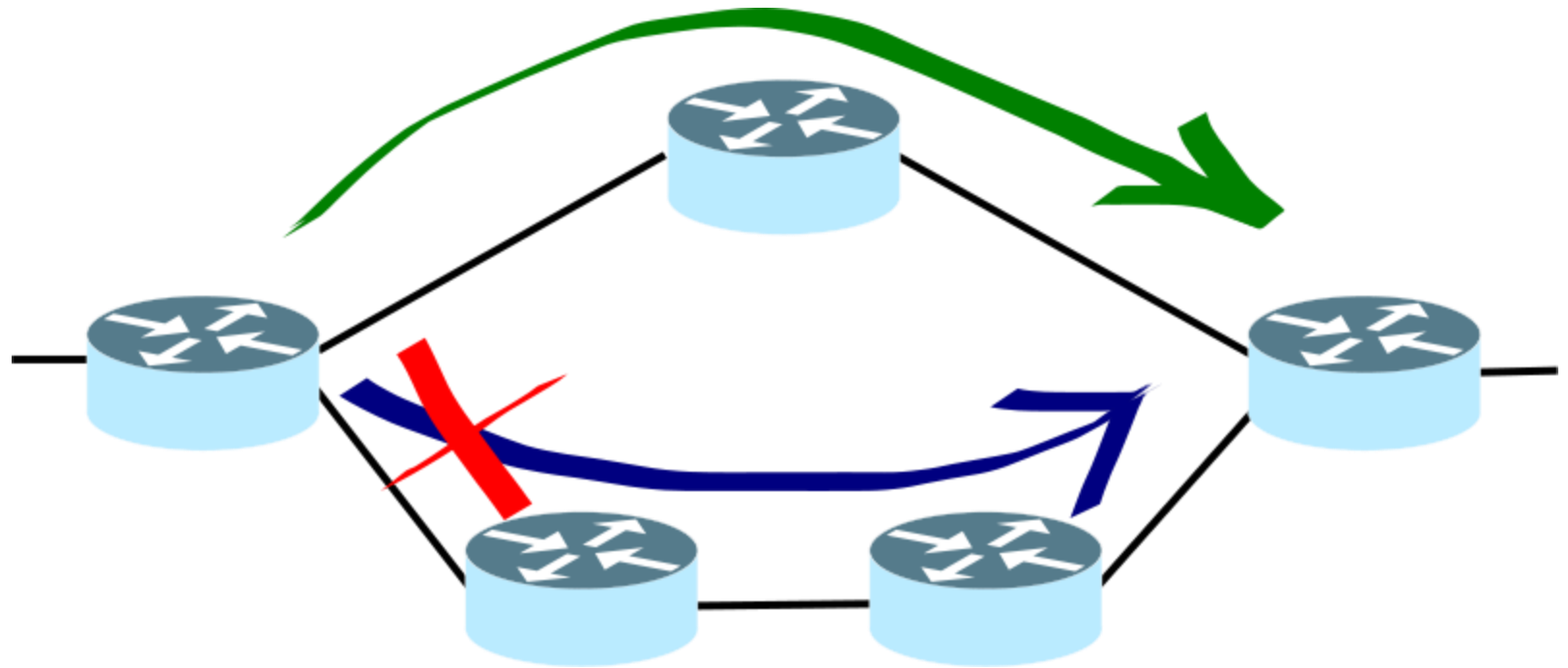


iMessage



Marsruutimisalgoritm

- Korrektsus
- Lihtsus
- Robustsus
- Stabiilsus
- Aus ja õiglane
- Optimaalne
- Efektiivne



Pythagoras vs taksojuht

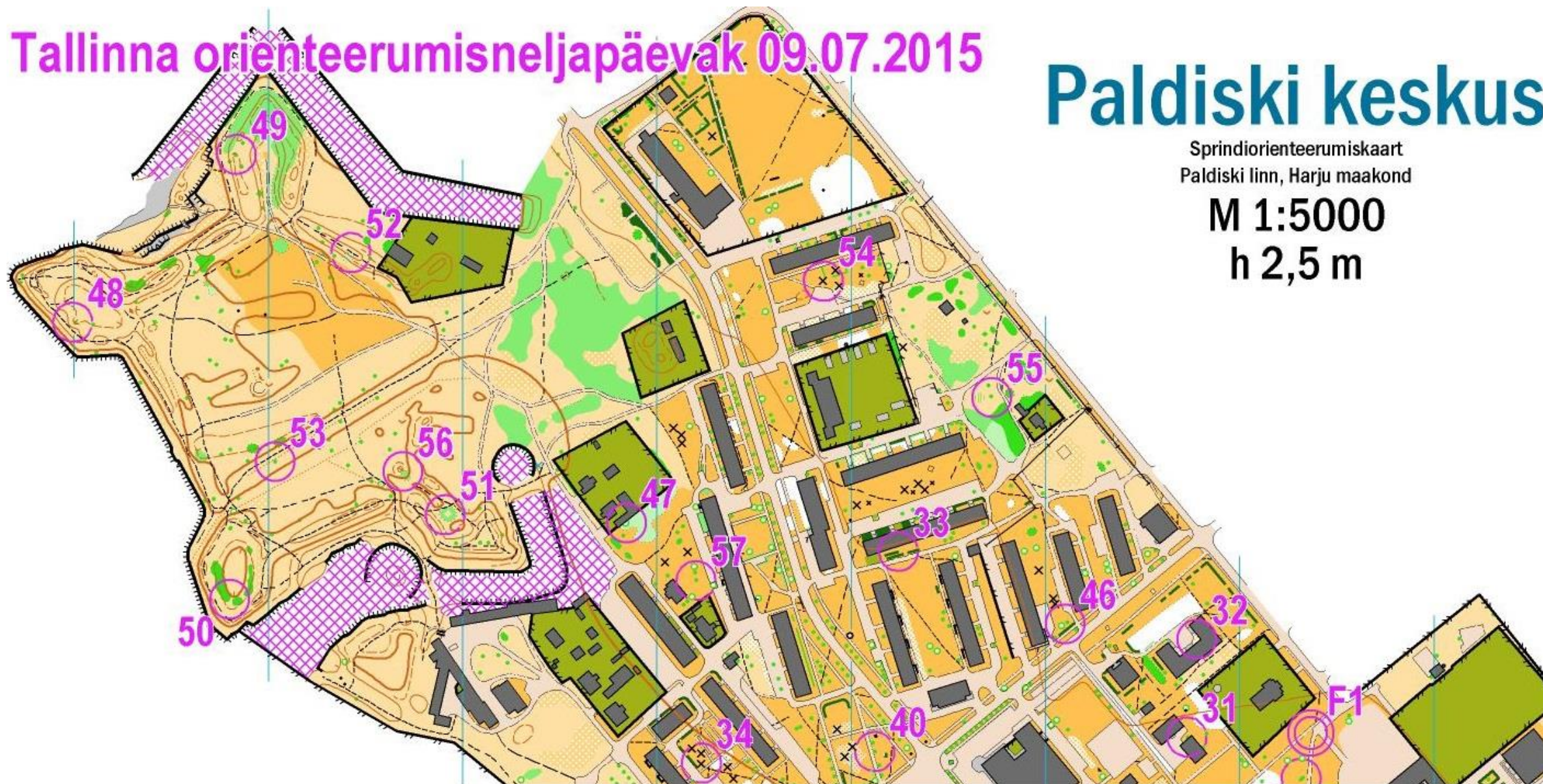


Tallinna orienteerumiseljapäevak 09.07.2015

Paldiski keskus

Sprindiorienteerumiskaart
Paldiski linn, Harju maakond

M 1:5000
h 2,5 m

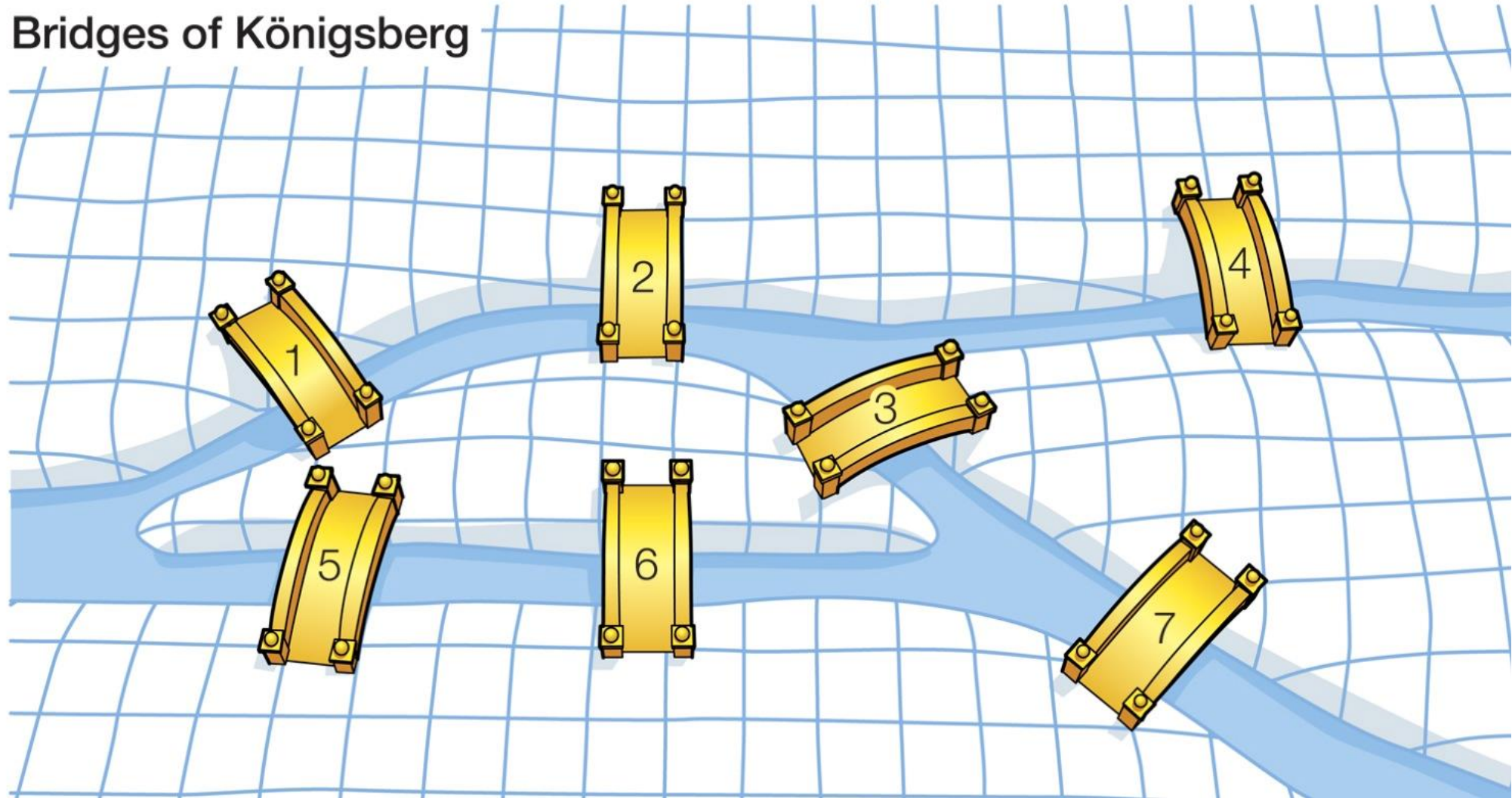


Marsruutimine

- Soorituskriteeriumid
 - Minimaalne hüpete arv (*hop*)
 - Hind
 - Viide [s]
 - Läbilaskevõime [bit/s]
- Otsustusaeg
 - Pakettedastus (datagramm)
 - Sessioon (virtuaalne ahel)
- Otsustuskoht
 - Igas sõlmes
 - Kesktes sõlmes
 - Allikas
- Informatsiooni allikad
 - Puuduvad
 - Lokaalne
 - Naabersõlmed
 - Sõlmed marsruudi ulatuses
 - Kõik sõlmed
- Otsustusaeg
 - Pidev
 - Perioodiline
 - Olulise koormuse muutuse korral
 - Topoloogia muutumisel

Königsbergi sildade probleem

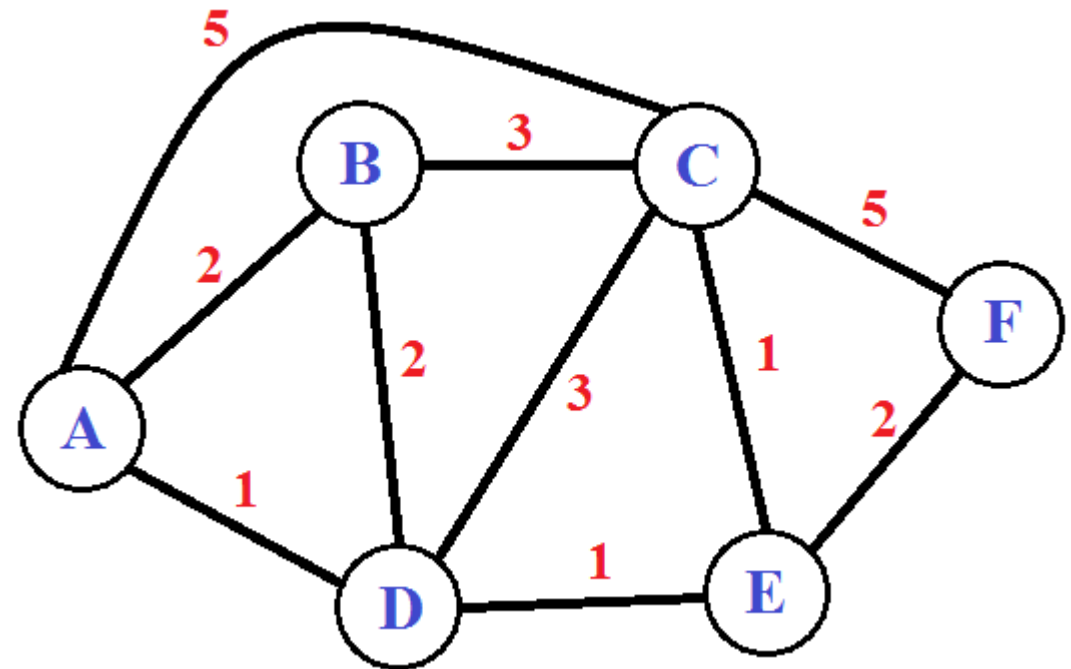
Bridges of Königsberg

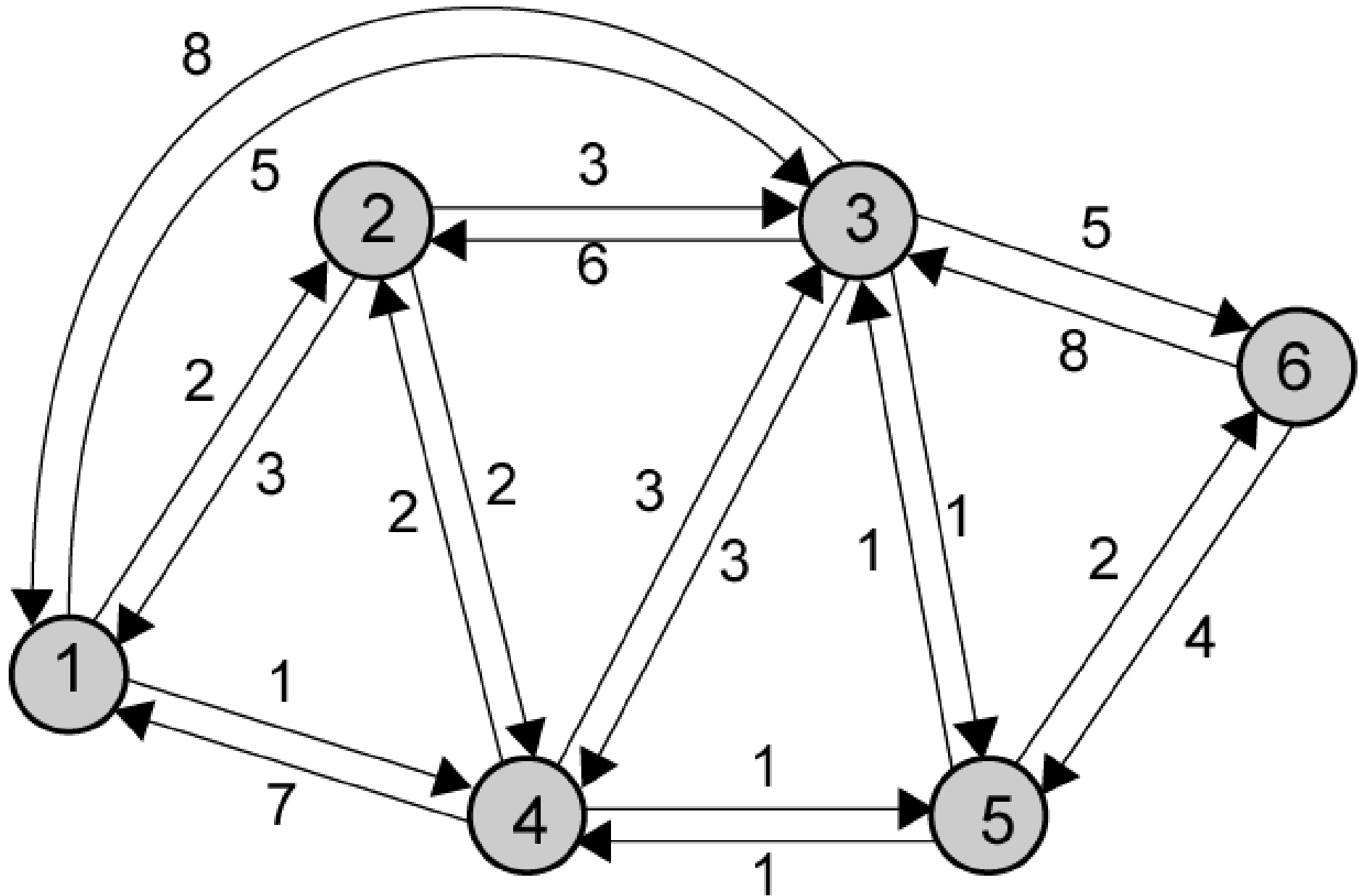


Marsruutimine

Graaf

- Graaf $G = (N, E)$
- Graafi sõlmede (marsruuterid) hulk
 $N = \{A, B, C, D, E, F\}$
- Graafi harude (ühendused, lingid) hulk
 $E = \{(A, B), (A, D), (A, C), (B, C), \dots, (E, F)\}$
- Ühenduse kulu (hind)
 $c(x, x')$





Staatiline marsruutimine

Marsruutimistabel

Allikas

S
i
h
t
k
o
h
t

-	1	2	3	4	5	6
1	-	1	5	2	4	5
2	2	-	5	2	4	5
3	4	3	-	5	3	5
4	4	4	5	-	4	5
5	4	4	5	5	-	5
6	4	4	5	5	6	-

sõlm 1

sihtkoht	järgmine sõlm
2	2
3	4
4	4
5	4
6	4

sõlm 2

sihtkoht	järgmine sõlm
1	1
3	3
4	4
5	4
6	4

sõlm 3

sihtkoht	järgmine sõlm
1	5
2	5
4	5
5	5
6	5

sõlm 4

sihtkoht	järgmine sõlm
1	2
2	2
3	5
5	5
6	5

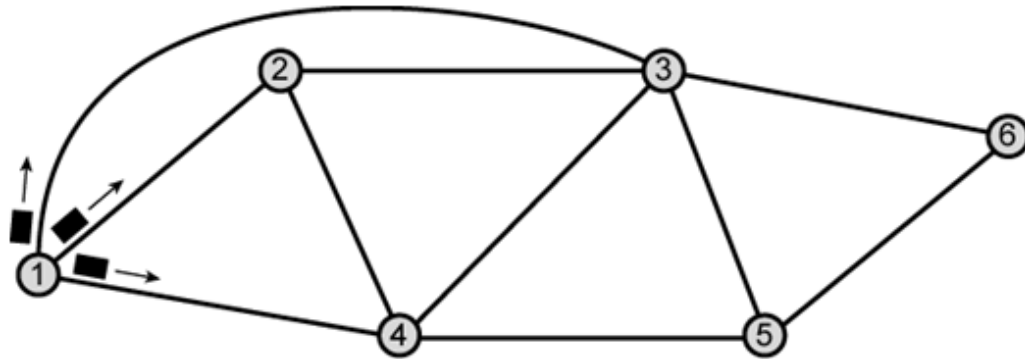
sõlm 5

sihtkoht	järgmine sõlm
1	4
2	4
3	3
4	4
6	6

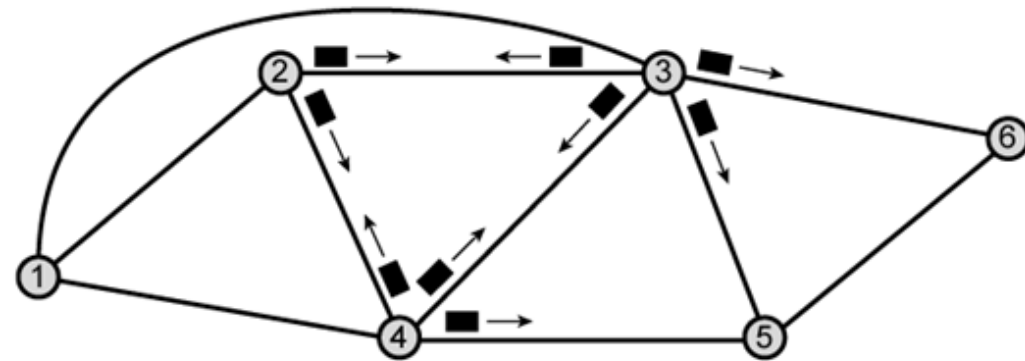
sõlm 6

sihtkoht	järgmine sõlm
1	5
2	5
3	5
4	5
5	5

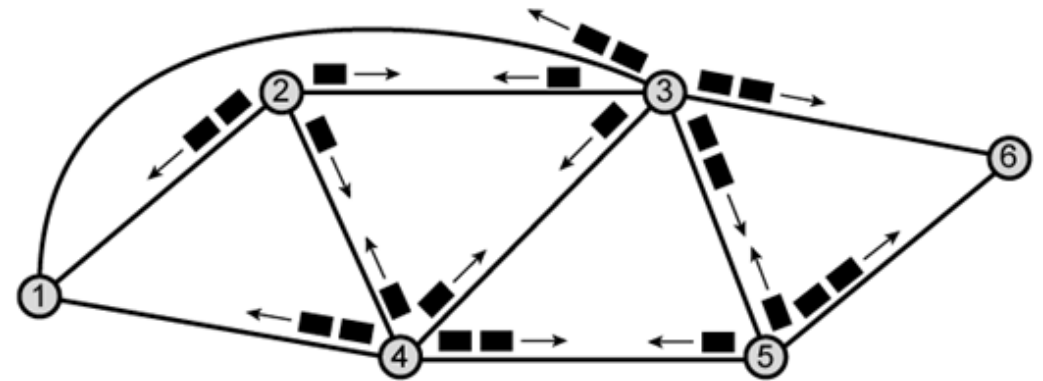
Üleujutus



(a) Esimene hüpe



(b) Teine hüpe



(c) Kolmas hüpe

ARPANET'i marsruutimisalgoritm

- \mathbf{D}_i – i -nda sõlme viitevektor
- d_{ij} – viite hinnang sõlmest i sõlme j ($d_{ii} = 0$)
- N – sõlmede hulk võrgus
- \mathbf{S}_i – i -nda sõlme edastusvektor (*successor*)
- s_{ij} – järgmine sõlm „lühimal“ teel sõlmest i sõlme j
- A – k -nda sõlme naabrite hulk
- l_{ki} – viite praegune hinnang sõlmest k sõlme j

$$d_{kj} = \min_{i \in A} [d_{ij} + l_{ki}]$$

$$\mathbf{D}_i = \begin{bmatrix} d_{i1} \\ \vdots \\ d_{iN} \end{bmatrix}$$

$$\mathbf{S}_i = \begin{bmatrix} s_{i1} \\ \vdots \\ s_{iN} \end{bmatrix}$$

ARPANET'i marsruutimisalgoritmi

Desti- nation	Delay	Next Node
1	0	—
2	2	2
3	5	3
4	1	4
5	6	3
6	8	3

$\underbrace{\hspace{10em}}_{D_1} \quad \underbrace{\hspace{10em}}_{S_1}$

(a) Node 1's routing table before update

3	7	5
0	4	2
3	0	2
2	2	0
3	1	1
5	3	3

$\underbrace{\hspace{10em}}_{D_2} \quad \underbrace{\hspace{10em}}_{D_3} \quad \underbrace{\hspace{10em}}_{D_4}$

(b) Delay vectors sent to node 1 from neighbor nodes

Desti- nation	Delay	Next Node
1	0	—
2	2	2
3	3	4
4	1	4
5	2	4
6	4	4

$$I_{1,2} = 2$$

$$I_{1,3} = 5$$

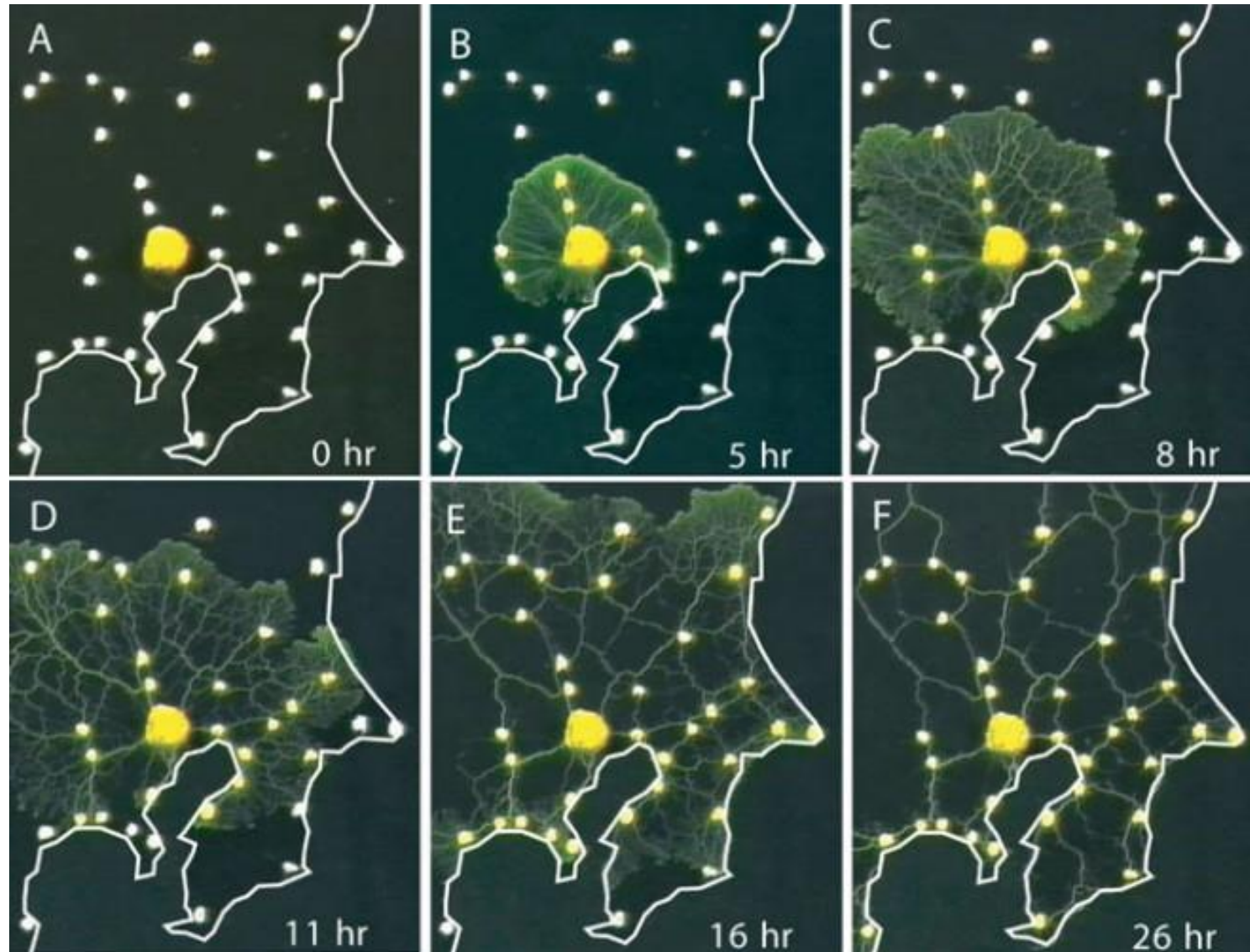
$$I_{1,4} = 1$$

(c) Node 1's routing table after update and link costs used in update

Looduslikud marsruutimisalgoritmid



Hallitus

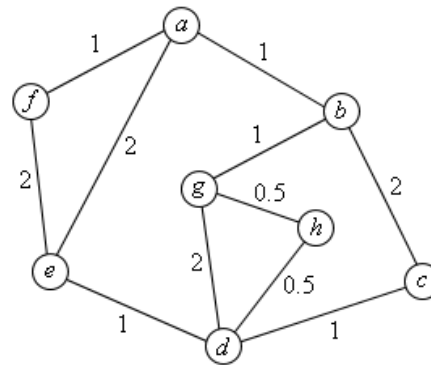


Vähima Kulu Algoritmid (*Least Cost Algorithm*)



Dijkstra algoritm - muutujad

- $c(x,y)$ – naabersõlmede x ja y vahelise ühenduse hind. Juhul kui x ja y ei ole vahetud naabrid, siis $c(x,y) = \infty$
- $D(v)$ – hetkel teadaolev koguhind allikast sihtkohani v
- $P(v)$ – viimane sõlm, teel allikast, enne sihtkohta v
- N' – sõlmede hulk, milleni on teada vähima kuluga tee.



Dijkstra algoritm - algväärtustamine

$N' = \{u\}$ /* Alustame teede leidmist sõlmest u */

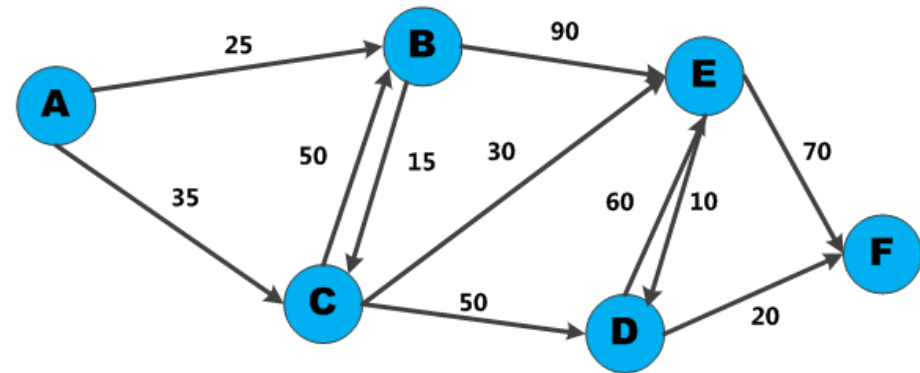
Kõigi sõlmede v jaoks

Kui v on u kõrval

$$D(v) = c(u, v)$$

muidu

$$D(v) = \infty$$



Dijkstra algoritm – marsruutimistabeli koostamine

Korda

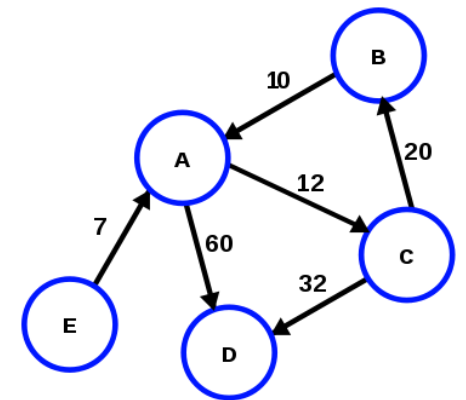
Leia N' mittekuuluv w selliselt, et $D(w)$ oleks minimaalne

Lisa w hulka N'

Uuenda $D(v)$ kõigi hulka N' mittekuuluvate w naabrite v jaoks:

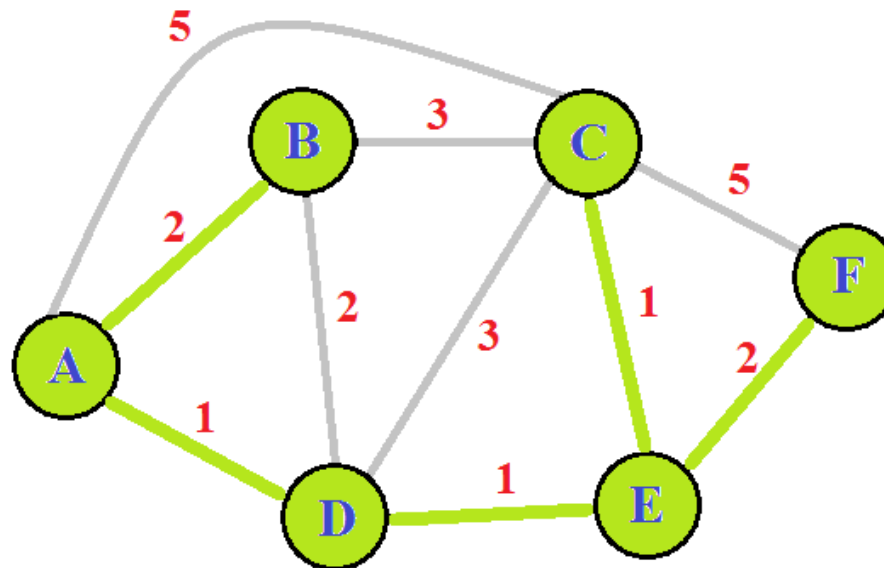
$$D(v) = \min[D(v), D(w) + c(v, w)]$$

Kuni kõik sõlmed kuuluvad N'



Dijkstra algorithm – näide

Samm	N'	$D(B), p(B)$	$D(C), p(C)$	$D(D), p(D)$	$D(E), p(E)$	$D(F), p(F)$
0	A	2,A	5,A	1,A	∞	∞
1	AD	2,A	4,D		2,D	∞
2	ADE	2,A	3,E			4,E
3	ABDE		3,E			4,E
4	ABCDE					4,E
5	ABCDEF					



Harjutusülesanded

- Kui palju on 2,4 GHz sagedusega WiFi signaal sumbunud tugijaamast 300 m kaugusel? Kui palju sumbub samal kaugusel 5,2 GHz sagedusega signaal?
- Leia Dijkstra algoritmi kasutades vähima kuluga teed 12. slaidil kujutatud võrgutopoloogia korral sõlme F jaoks.
- Ülesande aluseks on 12. slaidil kujutatud võrgutopoloogia. Eeldame, et ainsa infomatsioonina teab võrgusõlm C kõikide endast väljuvate teede hindu (*cost*). Millist marsruutimisreeglit oleks siinkohal mõistlik kasutada? Kuidas jagada väljaminev liiklus väljuvate teede vahel?
- Ülesande aluseks on sama võrgutopoloogia, mis kahel eelmisel juhul. Koosta marsruutimismatriks juhul, kui marsruutimise aluseks on minimaalne hüpete (*hops*) arv.

Materjalid - WiFi

- Riigi Teataja. **Eesti Raadiosagedusplaan, Lisa 1 II ja III osa.**
<https://www.riigiteataja.ee/akt/106072011012> ,06.11.2017
- Euroopa Liidu teataja. **KOMISJONI OTSUS, 13. mai 2009, millega muudetakse otsust 2006/771/EÜ lähitoimeseadmete raadiospektri ühtlustamise kohta.** <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/ET/TXT/HTML/?uri=CELEX:32009D0381&from=EN>, 06.11.2017
- **ECC Decision of 09 July 2004 on the harmonised use of the 5 GHz frequency bands for the implementation of Wireless Access Systems including Radio Local Area Networks (WAS/RLANs).**
<http://www.ero-docdb.dk/docs/doc98/official/Pdf/ECCDec0408.pdf>,
06.11.2017

Materjalid - marsruutimine

- William Stallings. **Data and Computer Communications**. Kaheksas trükk. Peatükk 12 – **Routing in Switched Networks**.
- Erkki Laaneoks. **Sissejuhatus võrgutehnoloogiasse**. Lk 53-55. **Marsruuterid ja marsruutimine**. Peatükk 12 **Marsruutimisprotokollid**.
- RFC1058 **Routing Information Protocol**.
<http://www.ietf.org/rfc/rfc1058.txt>, 3.11.2017
- **Dijkstra's Shortest Path Algorithm**. <https://brilliant.org/wiki/dijkstras-short-path-finder/>, 3.11.2017

