

4EK311 - Operační výzkum

6. Řízení projektů

6. Řízení projektů

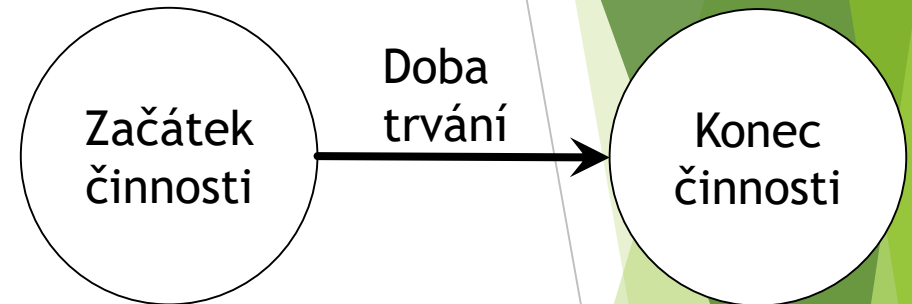
- ▶ Typická aplikace teorie grafů
- ▶ Projekt = soubor činností
- ▶ Příklady:
 - ▶ Vývoj a uvedení nového výrobku
 - ▶ Výstavba či rekonstrukce objektu
 - ▶ Plán výrobního procesu (pečení vánočního cukroví)
 - ▶ Plán jakéhokoliv procesu (příprava na zkoušku)

6. Řízení projektů

- ▶ Činnost
 - ▶ Každá z činností musí být dokončena dříve, než skončí projekt
 - ▶ Může být charakterizována mnoha údaji
 - ▶ **Předpokládaná doba trvání** (min., max., střední, apod.)
 - ▶ Předpokládané náklady na realizaci
 - ▶ Požadavky na realizaci (technické, materiálové, apod.)
 - ▶ **Činnosti, které musí dané činnosti předcházet**

6.1 Konstrukce síťového grafu

- ▶ Grafické zobrazení projektu = síťový graf
 - ▶ Hrany = činnosti
 - ▶ Uzly = začátek nebo konec činnosti
 - ▶ Ohodnocení = doba trvání činnosti
- ▶ **Sít' = souvislý, orientovaný a nezáporně (hranově či uzlově) ohodnocený graf, který obsahuje dva speciální uzly (vstup a výstup)**
- ▶ Hranově ohodnocený síťový graf



6.1 Konstrukce síťového grafu

► Kroky

- Rozčlenění projektu na jednotlivé činnosti
- Odhad doby trvání jednotlivých činností (náklady)
- Definice časových návazností
- Konstrukce síťového grafu
- Volba metody síťové analýzy

6.1 Příklad

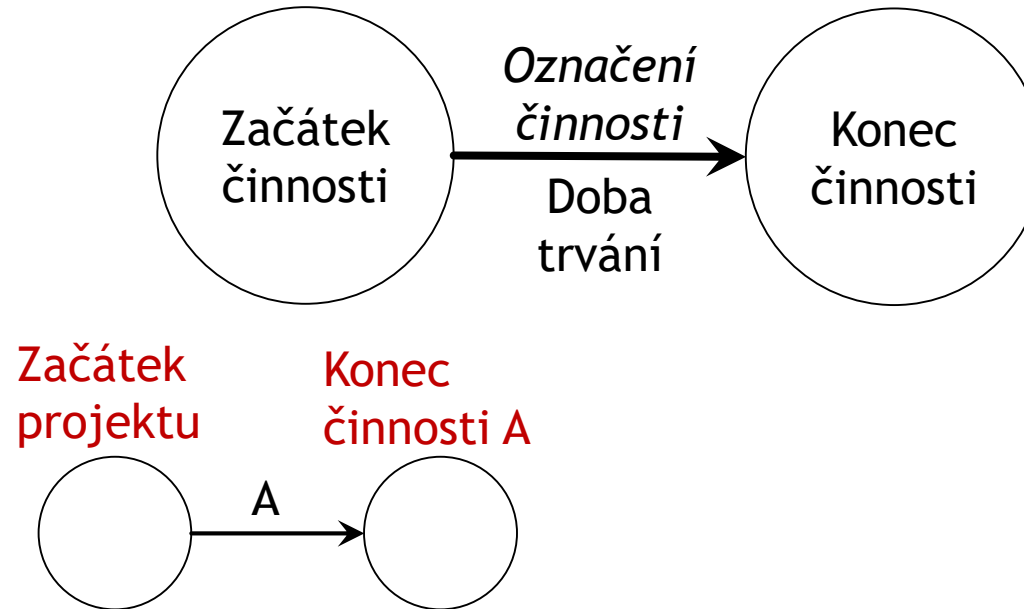
- ▶ **Projekt přípravy na zkoušku z OV - kolik zabere času?**
 - ▶ A - půjčím si skripta a slíbím vrácení před zkouškou
 - ▶ B - přečtu si skripta
 - ▶ C - projdu si poznámky z přednášek
 - ▶ D - zkusím vyřešit příklad ze skript
 - ▶ E - vyrobím si tahák (pro jistotu)
 - ▶ F - naučím se látku
 - ▶ G - vrátím skripta
 - ▶ H - přihlásím se za zkoušku v systému

6.1 Příklad - činnosti

| Činnost | Předchůdci | Doba trvání |
|---------------------|------------|-------------|
| A Půjčení skript | - | 3 |
| B Přechtení skript | A | 11 |
| C Poznámky | - | 13 |
| D Příklad ze skript | A | 5 |
| E Výroba taháku | B,C | 4 |
| F Naučení látky | B,C | 6 |
| G Vracení skript | F | 2 |
| H Přihlášení | D,E,F | 1 |

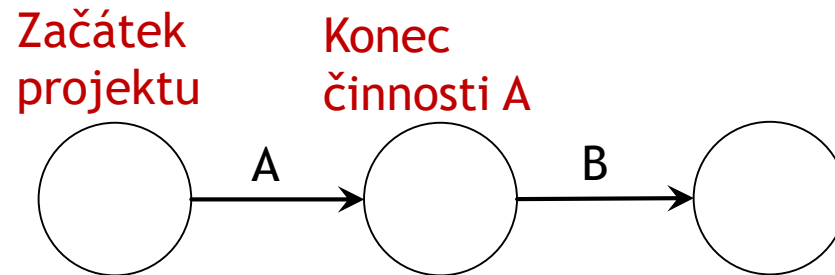
6.1 Příklad - konstrukce sítě

| Činnost | Předchůdci |
|---------|------------|
| A | - |
| B | A |
| C | - |
| D | A |
| E | B,C |
| F | B,C |
| G | F |
| H | D,E,F |



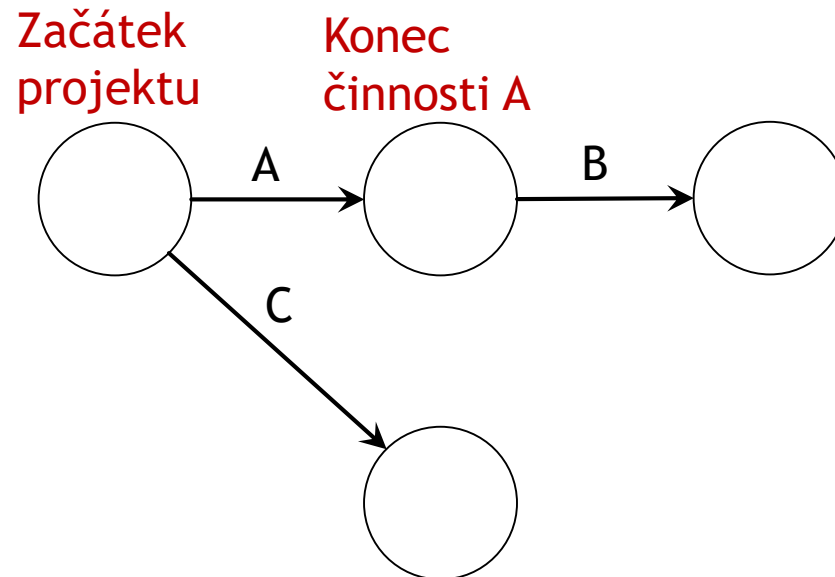
6.1 Příklad - konstrukce sítě

| Činnost | Předchůdci |
|---------|------------|
| A | - |
| B | A |
| C | - |
| D | A |
| E | B,C |
| F | B,C |
| G | F |
| H | D,E,F |



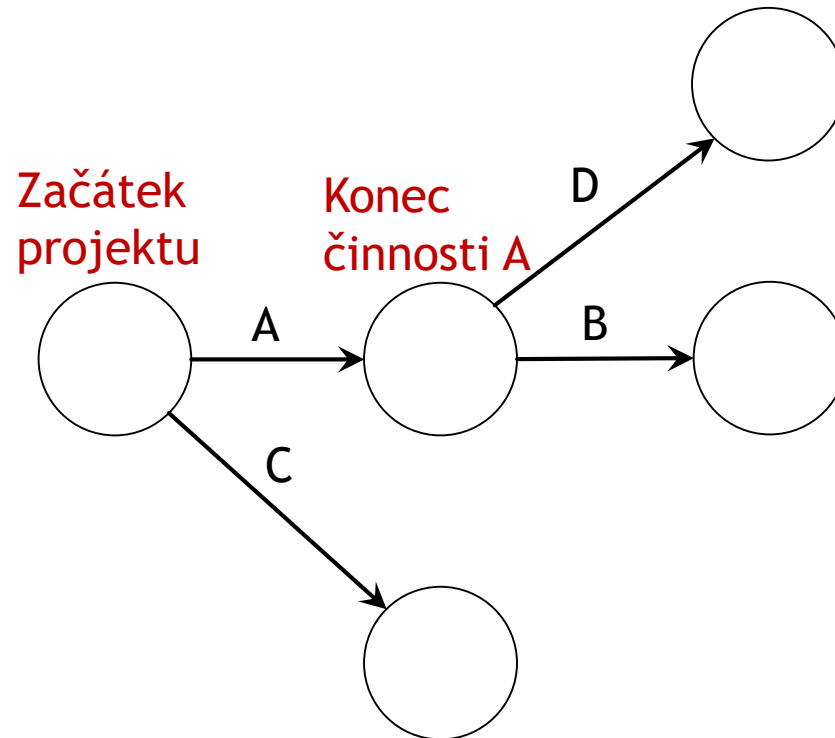
6.1 Příklad - konstrukce sítě

| Činnost | Předchůdci |
|---------|------------|
| A | - |
| B | A |
| C | - |
| D | A |
| E | B,C |
| F | B,C |
| G | F |
| H | D,E,F |



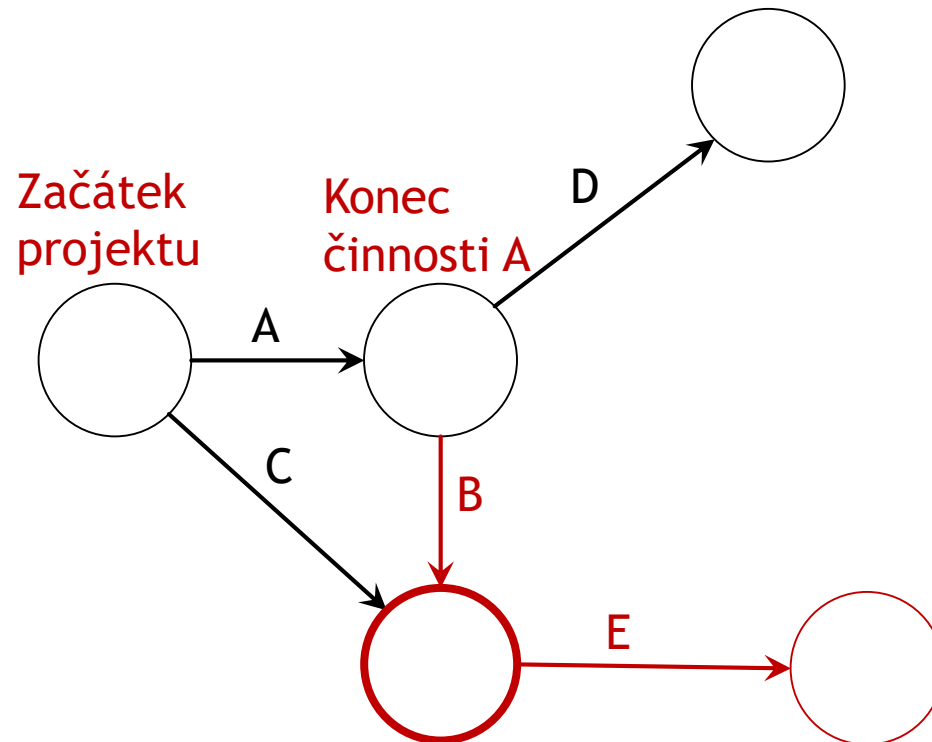
6.1 Příklad - konstrukce sítě

| Činnost | Předchůdci |
|---------|------------|
| A | - |
| B | A |
| C | - |
| D | A |



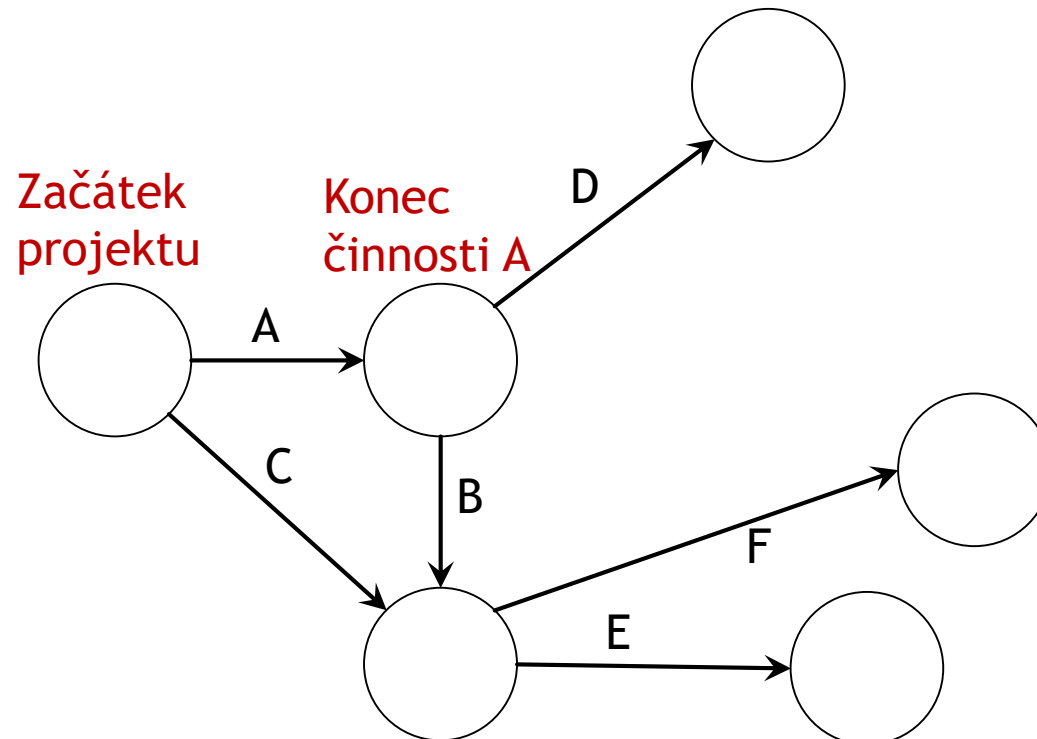
6.1 Příklad - konstrukce sítě

| Činnost | Předchůdci |
|---------|------------|
| A | - |
| B | A |
| C | - |
| D | A |
| E | B,C |
| F | B,C |
| G | F |
| H | D,E,F |



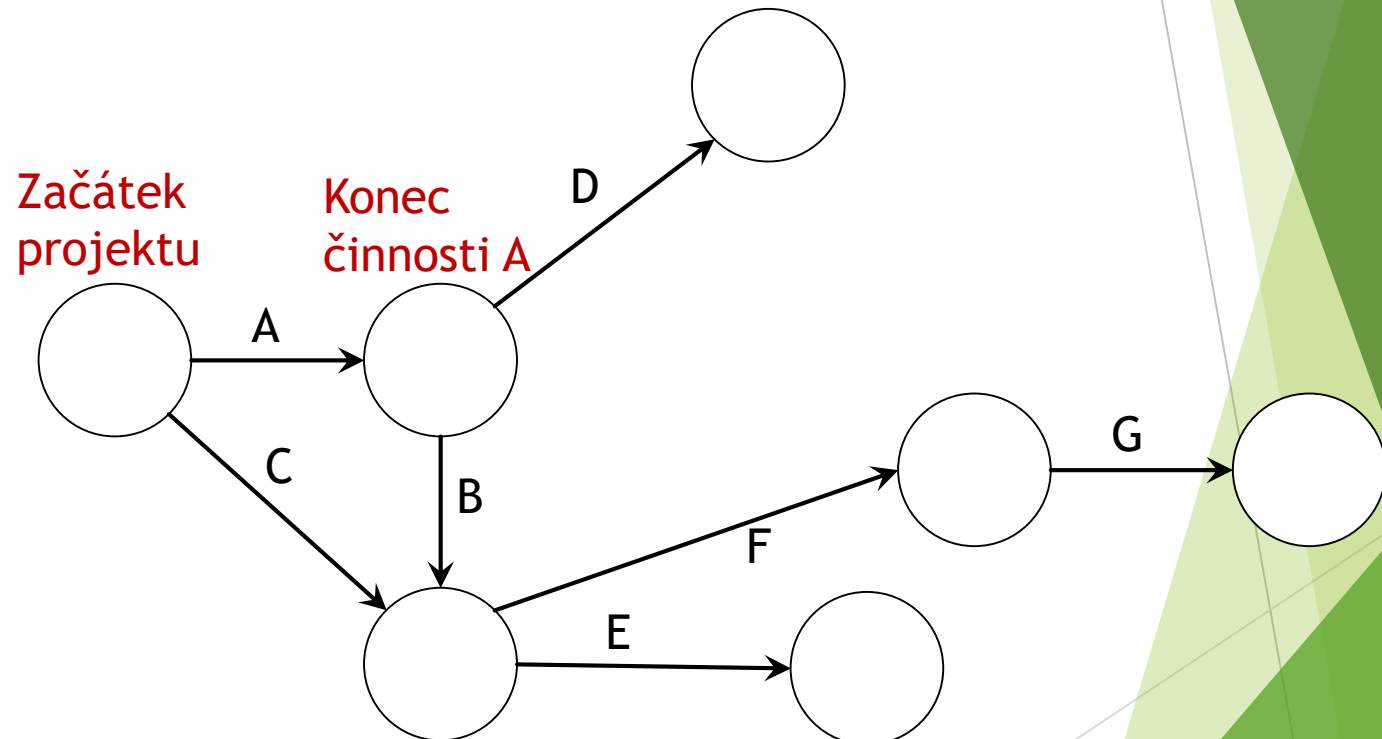
6.1 Příklad - konstrukce sítě

| Činnost | Předchůdci |
|---------|------------|
| A | - |
| B | A |
| C | - |
| D | A |
| E | B,C |
| F | B,C |
| G | F |
| H | D,E,F |



6.1 Příklad - konstrukce sítě

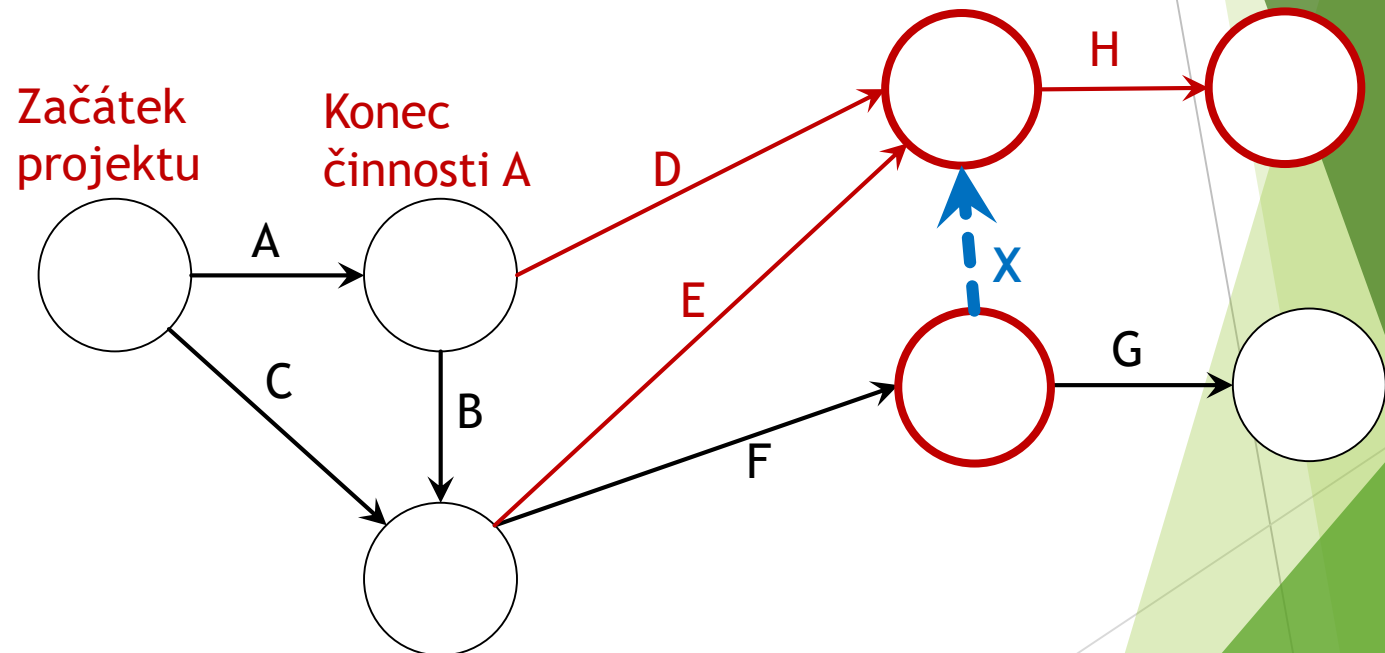
| Činnost | Předchůdci |
|---------|------------|
| A | - |
| B | A |
| C | - |
| D | A |
| E | B,C |
| F | B,C |
| G | F |
| H | D,E,F |



6.1 Příklad - konstrukce sítě

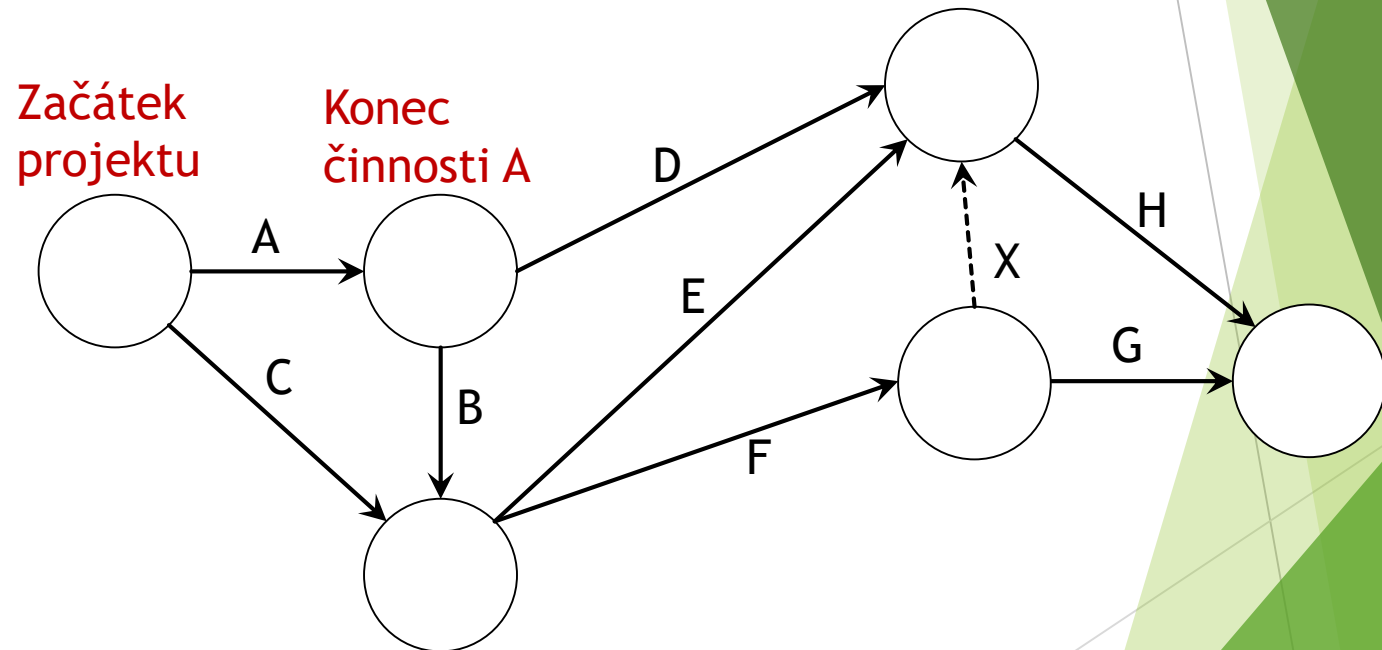
| Činnost | Předchůdci |
|---------|------------|
| A | - |
| B | A |
| C | - |
| D | A |
| E | B,C |
| F | B,C |
| G | F |
| H | D,E,F |

Fiktivní činnost



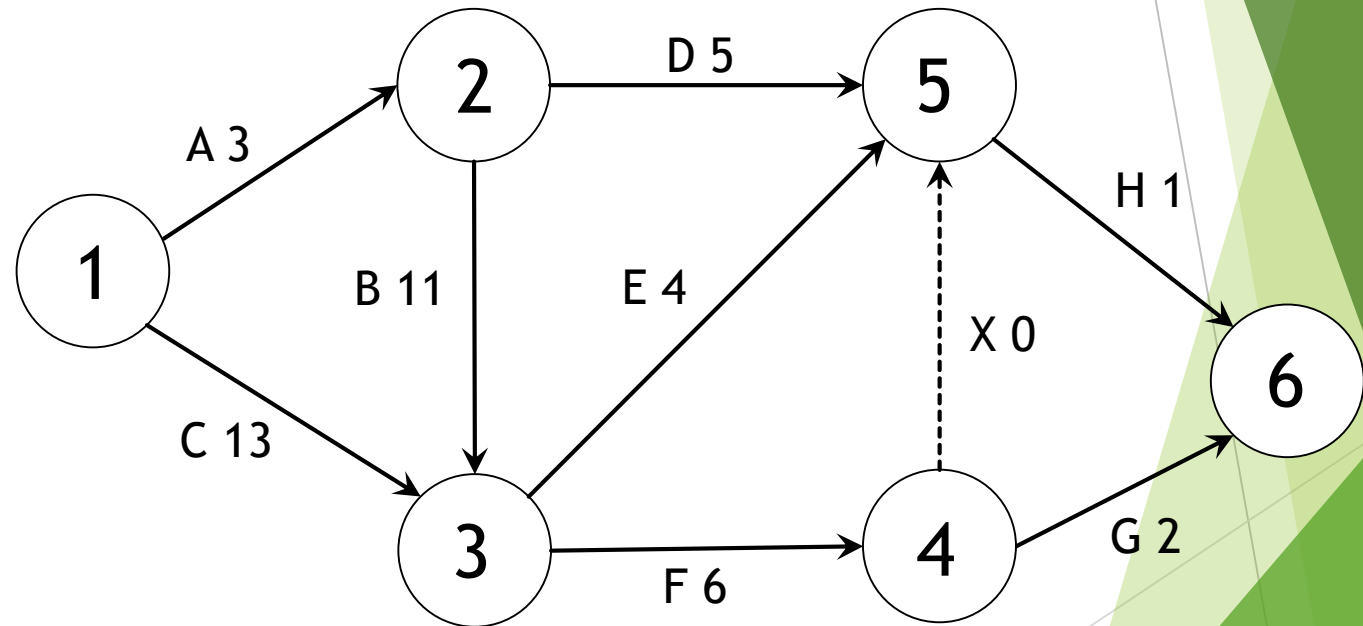
6.1 Příklad - konstrukce sítě

| Činnost | Předchůdci |
|---------|------------|
| A | - |
| B | A |
| C | - |
| D | A |
| E | B,C |
| F | B,C |
| G | F |
| H | D,E,F |



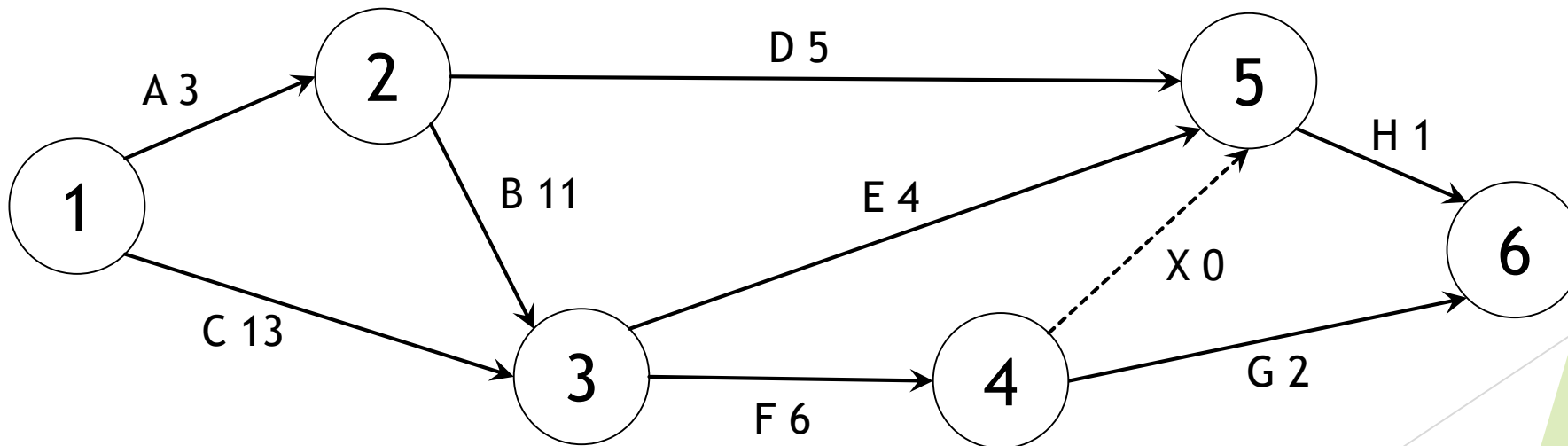
6.1 Příklad - konstrukce sítě

| Činnost | Předch. | Doba |
|---------|---------|------|
| A | - | 3 |
| B | A | 11 |
| C | - | 13 |
| D | A | 5 |
| E | B,C | 4 |
| F | B,C | 6 |
| G | F | 2 |
| H | D,E,F | 1 |



6.1 Topologické uspořádání grafu

- ▶ Očíslování uzlů grafu tak, aby každá činnost začínající v uzlu s daným indexem končila v uzlu s indexem vyšším
- ▶ Pokud uzly topologicky uspořádáme (zleva):
 - ▶ Každá hrana povede zleva doprava.
 - ▶ Daná činnost bude vždy vykonána až po všech činnostech, na kterých závisí.



6.1 Konstrukce síťového grafu - shrnutí

- ▶ Při konstrukci síťového grafu projektu:
 - ▶ Jeden vstupní uzel (počátek projektu)
 - ▶ Správná návaznost činností (fiktivní činnosti)
 - ▶ Pokud možno bez křížení hran
 - ▶ Jeden výstupní uzel (konec projektu)
 - ▶ Ohodnocení činností
 - ▶ Topologické uspořádání (očíslování)

6. Řízení projektů - síťový graf

| Činnost | Předchůdci |
|---------|------------|
| A | - |
| B | - |
| C | A |
| D | A |
| E | B, C |
| F | B, C |
| G | D, E |

| Činnost | Předchůdci |
|---------|------------|
| A | - |
| B | A |
| C | A |
| D | B |
| E | B, C |
| F | D, E |

Zkuste sami

6.2 CPM

- ▶ CPM = Critical Path Method
 - ▶ Metoda kritické cesty
 - ▶ 1957 - Kelly a Walker - výstavba petrochemického komplexu společnosti *duPont*
 - ▶ Časová analýza projektu
 - ▶ Deterministická metoda
 - ▶ Doby trvání činností jsou pevně dané a neměnné

6.2 CPM

► Pravidlo: Činnost (h_{ij}) může začít nejdříve tehdy, až skončí všechny předcházející činnosti

► Nejdříve možný začátek činnosti

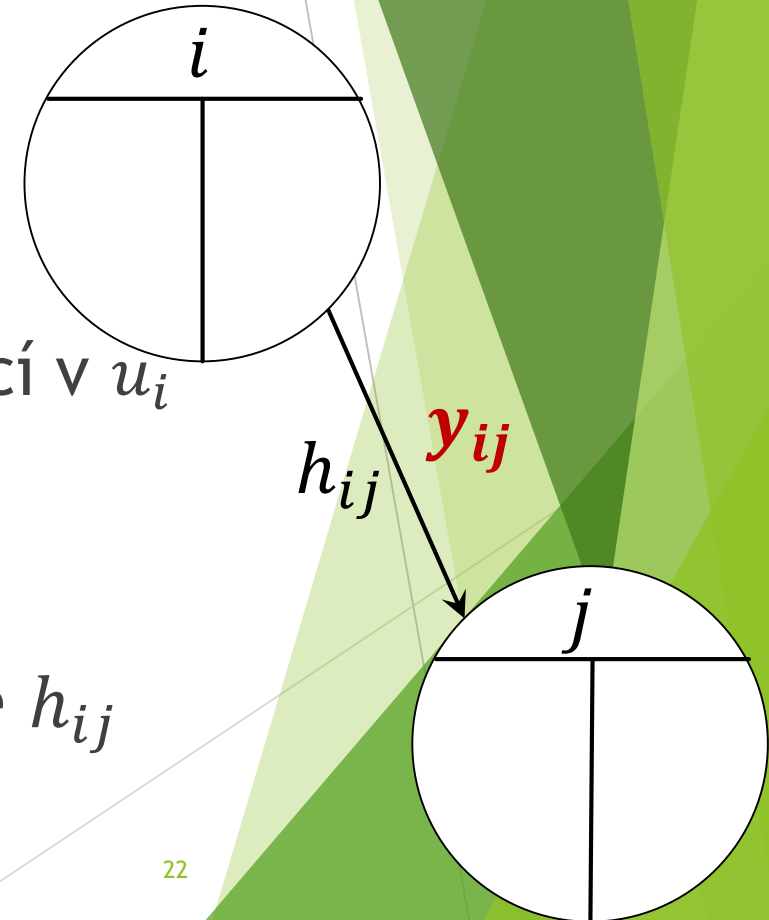
$$z_i = t_i^0$$

► Stejná hodnota pro všechny činnosti začínající v u_i

► Nejdříve možný konec činnosti

$$z_i + y_{ij} = t_i^0 + y_{ij}$$

► y_{ij} je doba trvání činnosti reprezentované h_{ij}



6.2 CPM

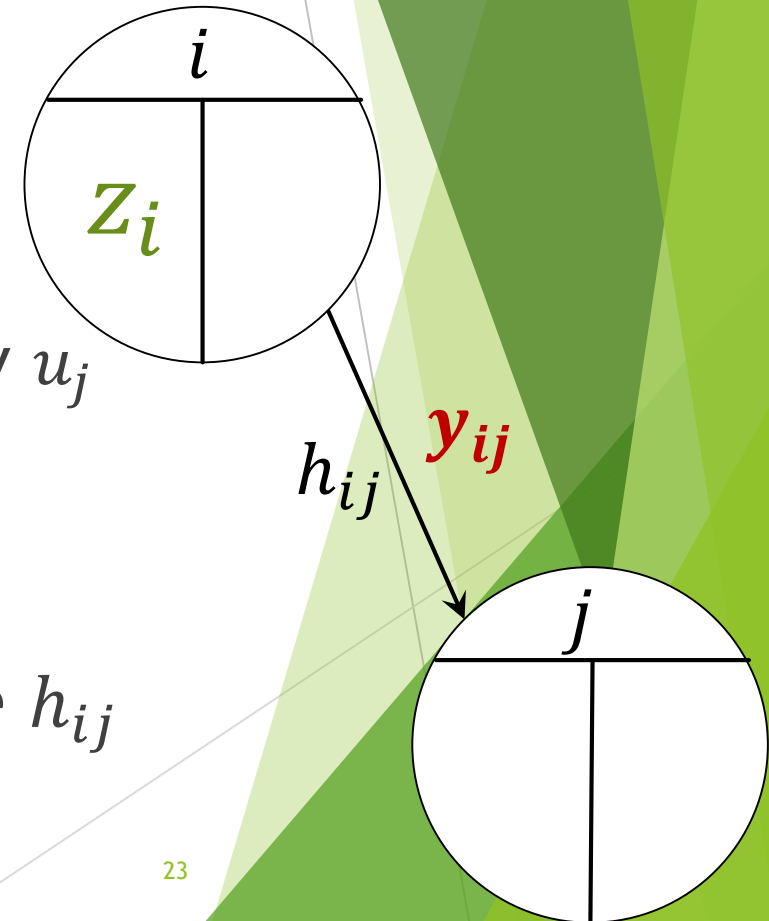
- ▶ Nejpozději přípustný konec činnosti

$$k_j = t_j^1$$

- ▶ Kdy nejpozději musí skončit, aby nedošlo ke zpoždění navazujících činností
- ▶ Stejná hodnota pro všechny činnosti končící v u_j
- ▶ Nejpozději přípustný začátek činnosti

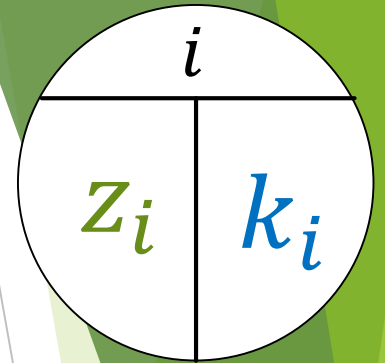
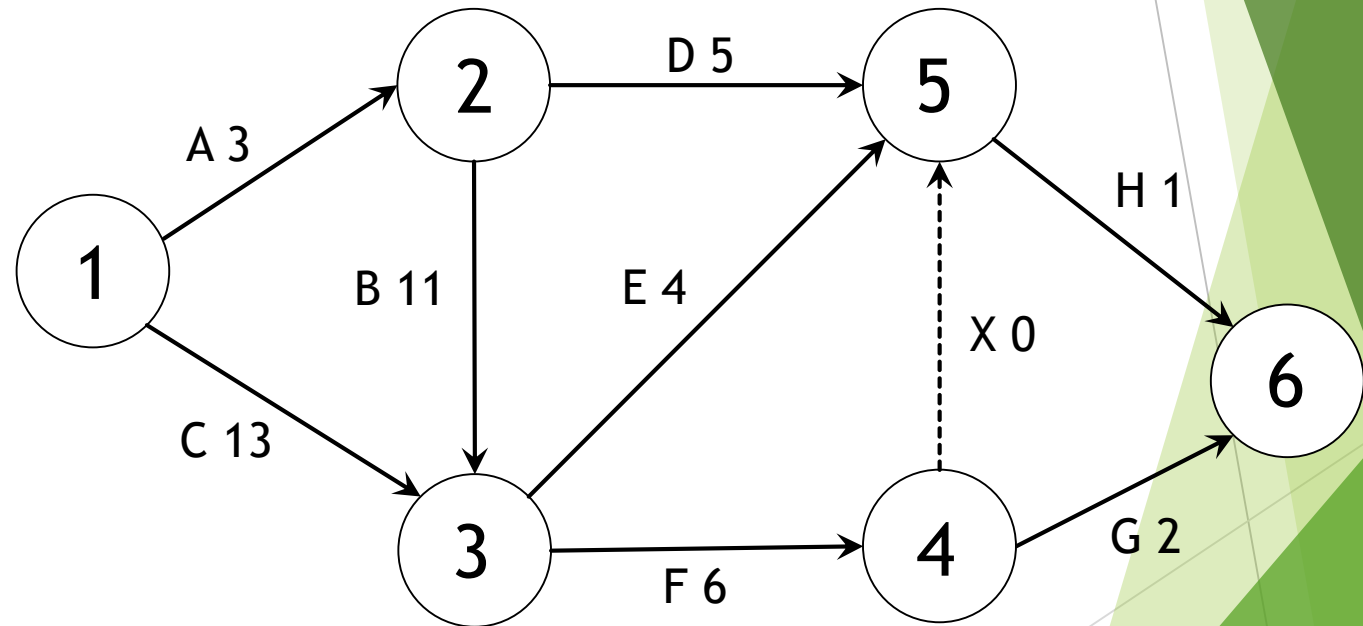
$$k_j - y_{ij} = t_j^1 - y_{ij}$$

- ▶ y_{ij} je doba trvání činnosti reprezentované h_{ij}

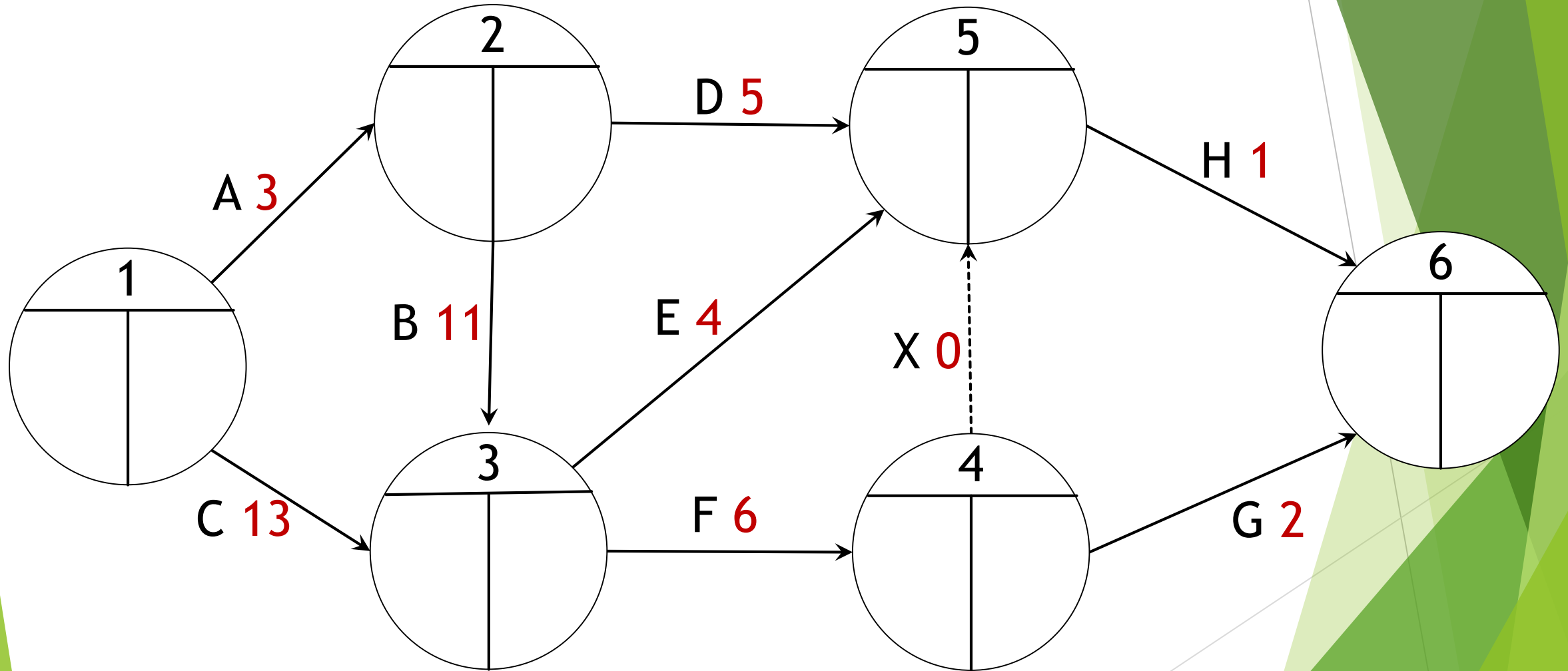


6.2 Příklad - metoda CPM

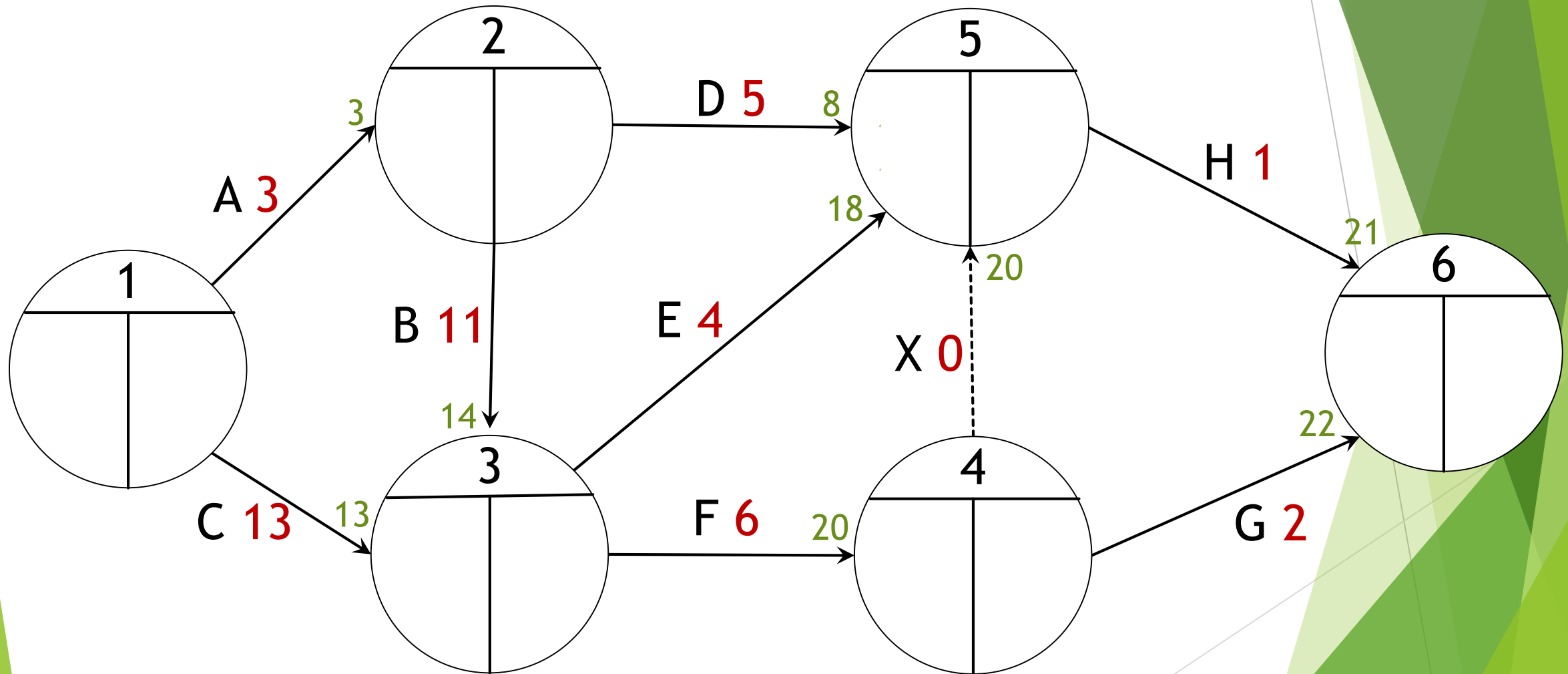
| Činnost | Předch. | Doba |
|---------|---------|------|
| A | - | 3 |
| B | A | 11 |
| C | - | 13 |
| D | A | 5 |
| E | B,C | 4 |
| F | B,C | 6 |
| G | F | 2 |
| H | D,E,F | 1 |



6.2 Příklad - CPM - graf



6.2 Příklad - CPM - výpočet vpřed



6.2 CPM - výpočet vpřed

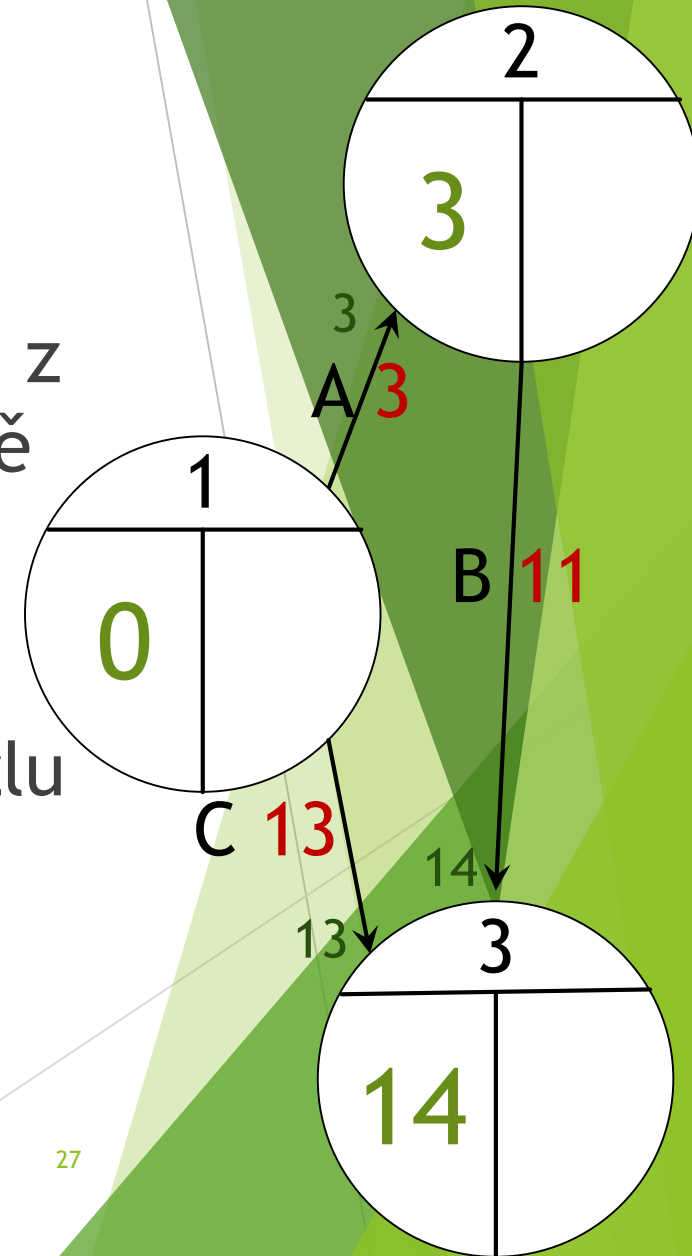
1. fáze výpočtu

- ▶ **Nejdříve možný začátek** činností vycházejících z vstupního uzlu u_1 je nastaven na počátek (běžně 0)

$$z_1 = 0, \text{ tj. } t_1^0 = 0$$

- ▶ Nejdříve možný začátek ostatních činností (z uzlu u_j) se spočte

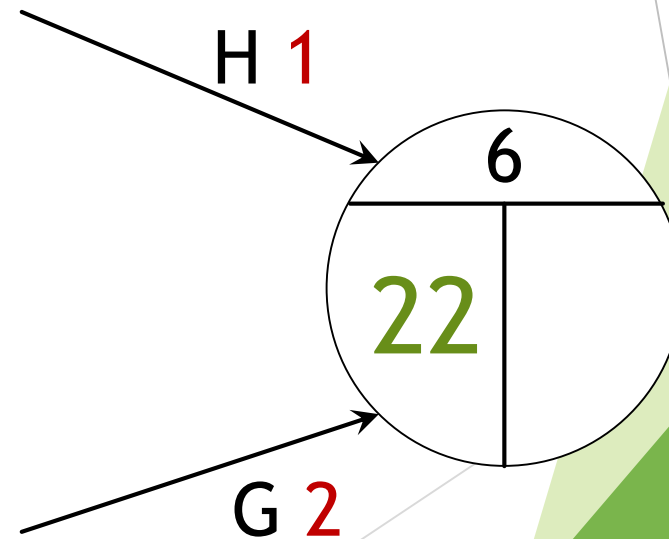
$$z_j = \max_i(z_i + y_{ij}), \text{ tj. } t_j^0 = \max_i(t_i^0 + y_{ij})$$



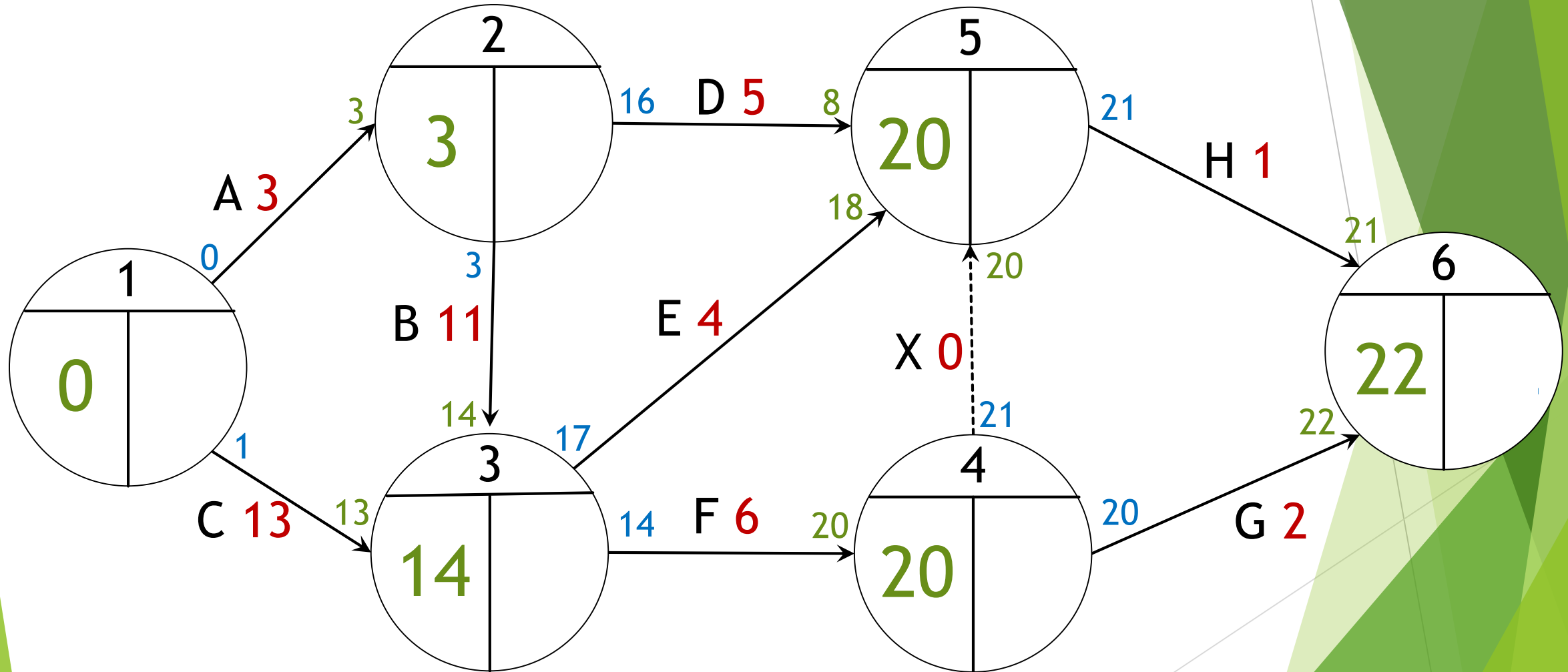
6.2 CPM - nejkratší doba projektu

- ▶ **Nejkratší doba** realizace projektu (T) odpovídá nejdříve možnému konci poslední provedené činnosti
- ▶ Pro topologicky uspořádaný graf s n uzly tedy

$$T = z_n = t_n^0$$



6.2 Příklad - CPM - výpočet vzad



6.2 CPM - výpočet vzad

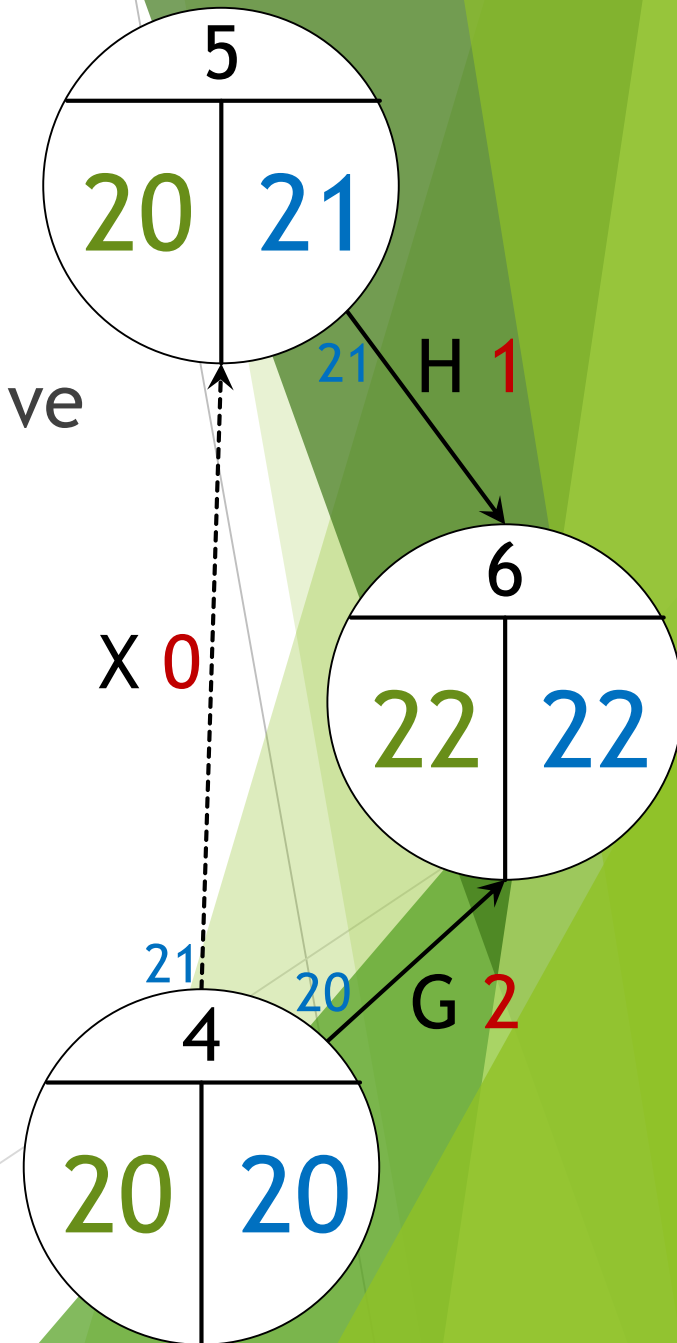
2. fáze výpočtu

- ▶ **Nejpozději přípustný konec** činností končících ve výstupním uzlu u_n je v okamžiku ukončení projektu (T)

$$k_n = T, \text{ tj. } t_n^1 = T$$

- ▶ Pokud je plánovaný čas ukončení projektu (T_{pl}) vyšší než nejkratší doba realizace projektu (T), pak

$$k_n = T_{pl}, \text{ tj. } t_n^1 = T_{pl}$$

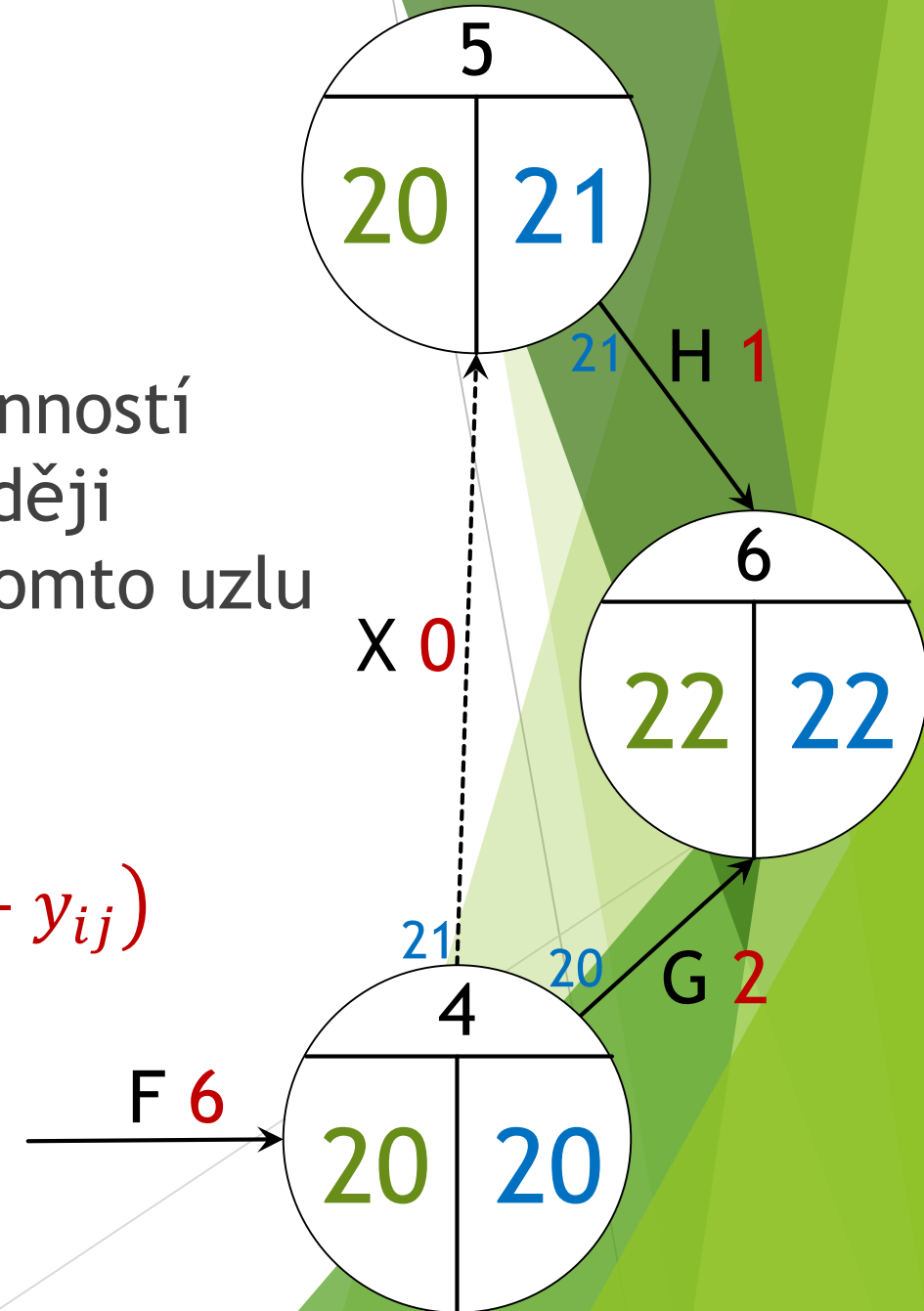


6.2 CPM - výpočet vzad

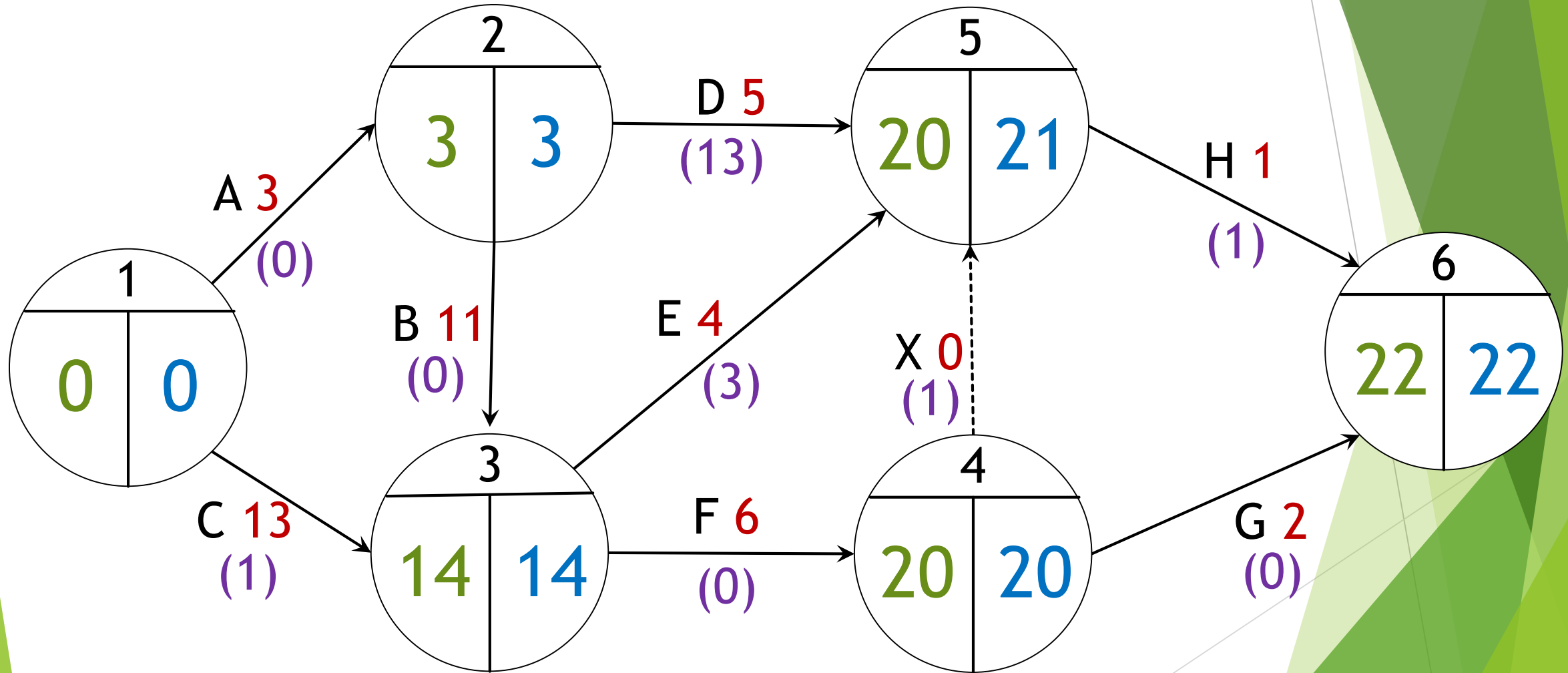
2. fáze výpočtu

- ▶ Nejpozději přípustný konec ostatních činností (vedoucích do uzlu u_i) odpovídá nejpozději přípustnému začátku činností, které v tomto uzlu začínají.
- ▶ Spočte se tedy

$$k_i = \min_j (k_j - y_{ij}), \text{ tj. } t_i^1 = \min_j (t_j^1 - y_{ij})$$



6.2 Příklad - CPM - celkové rezervy

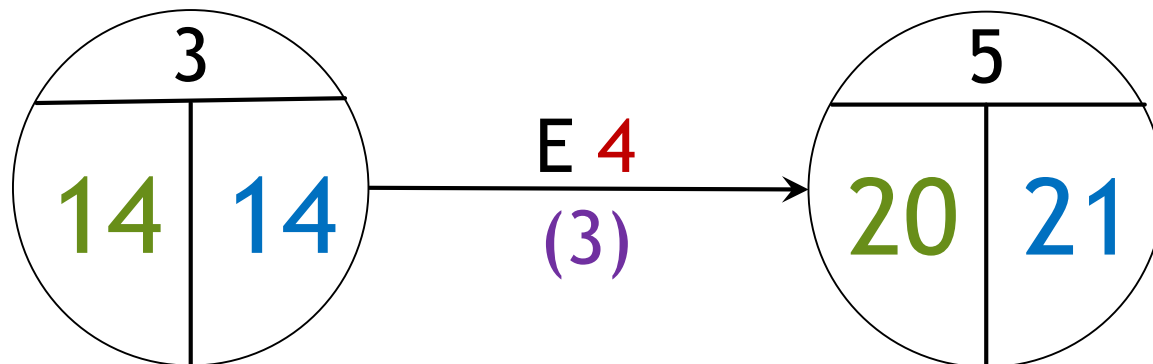


6.2 CPM - celkové rezervy

3. fáze výpočtu

- ▶ **Celková časová rezerva** CR_{ij} činnosti reprezentované hranou h_{ij} se spočte

$$CR_{ij} = k_j - z_i - y_{ij}, \text{ tj. } CR_{ij} = t_j^1 - t_i^0 - y_{ij}$$

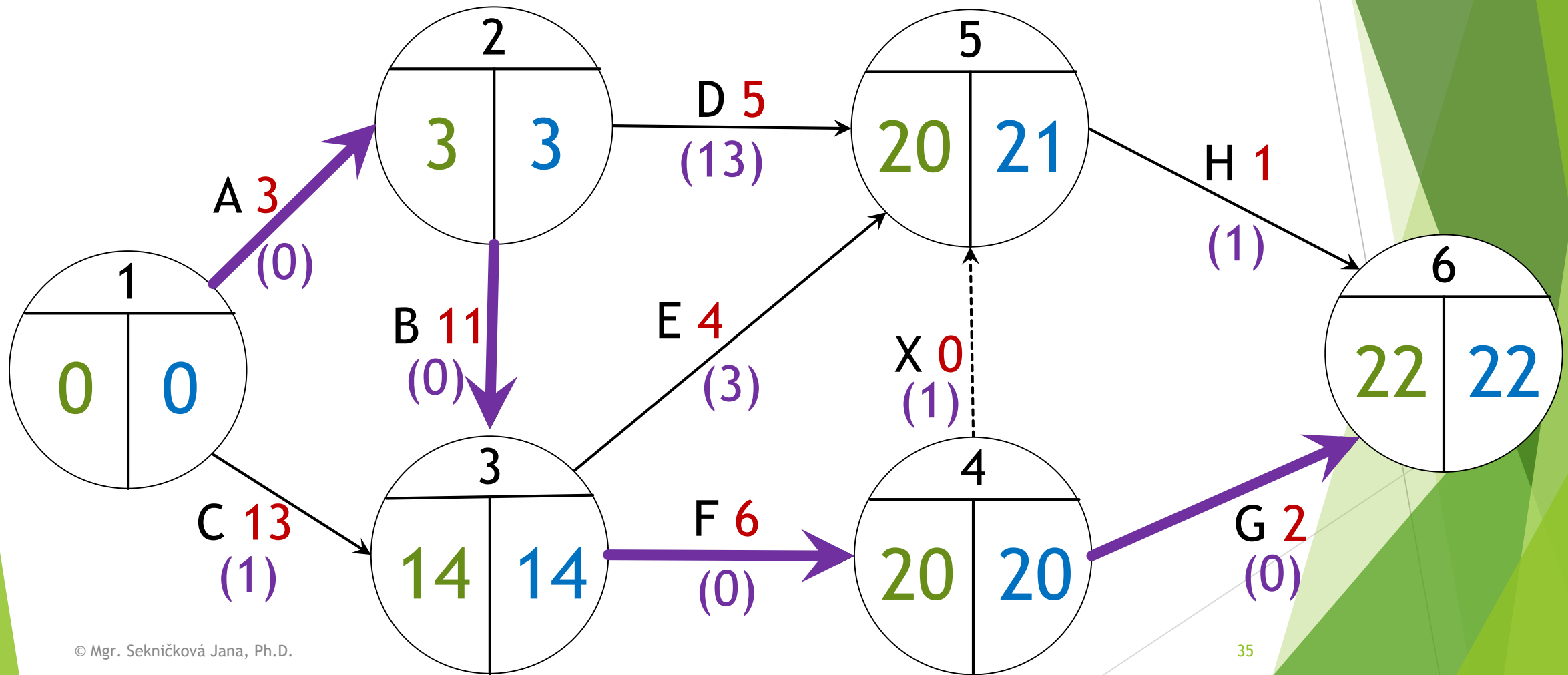


6.2 CPM - kritické činnosti

► Kritické činnosti

- Činnosti s minimální hodnotou celkové časové rezervy
- Pokud $T = T_{pl}$, je minimální celková časová rezerva nulová

Nejkratší doba realizace projektu (T) odpovídá ohodnocení nejdelší cesty v síti mezi u_1 a u_n

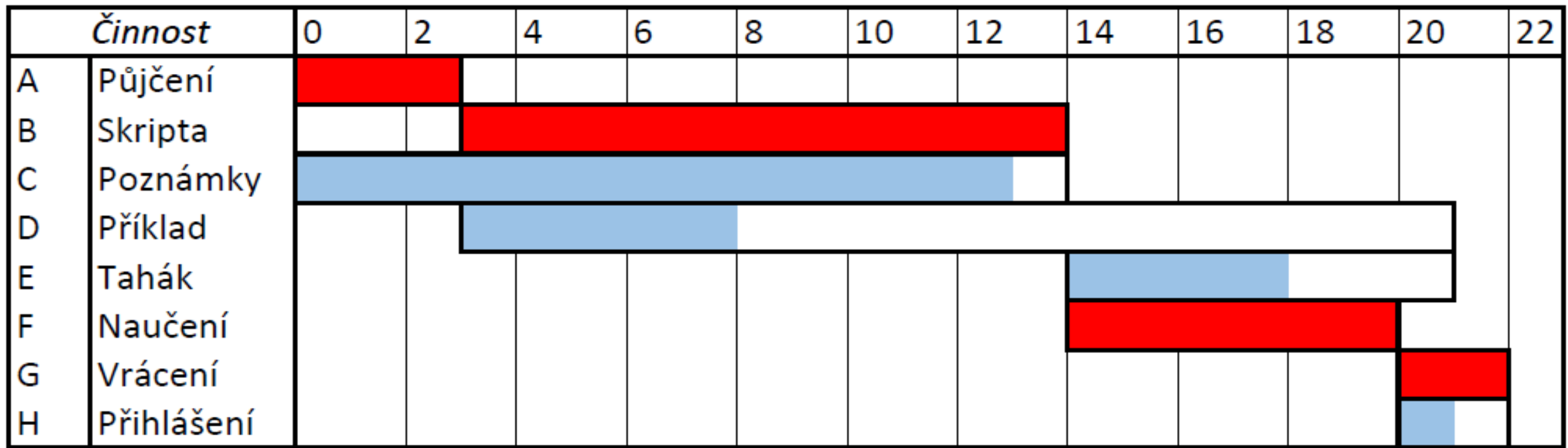


6.2 CPM - rozbor výsledků

▶ Rozbor výsledků

- ▶ Poslední fáze
- ▶ Rozvržení realizace v čase - Ganttův diagram
- ▶ Henry Laurence Gantt (1910)

6.2 Příklad - CPM - Ganttův diagram



6.3 PERT

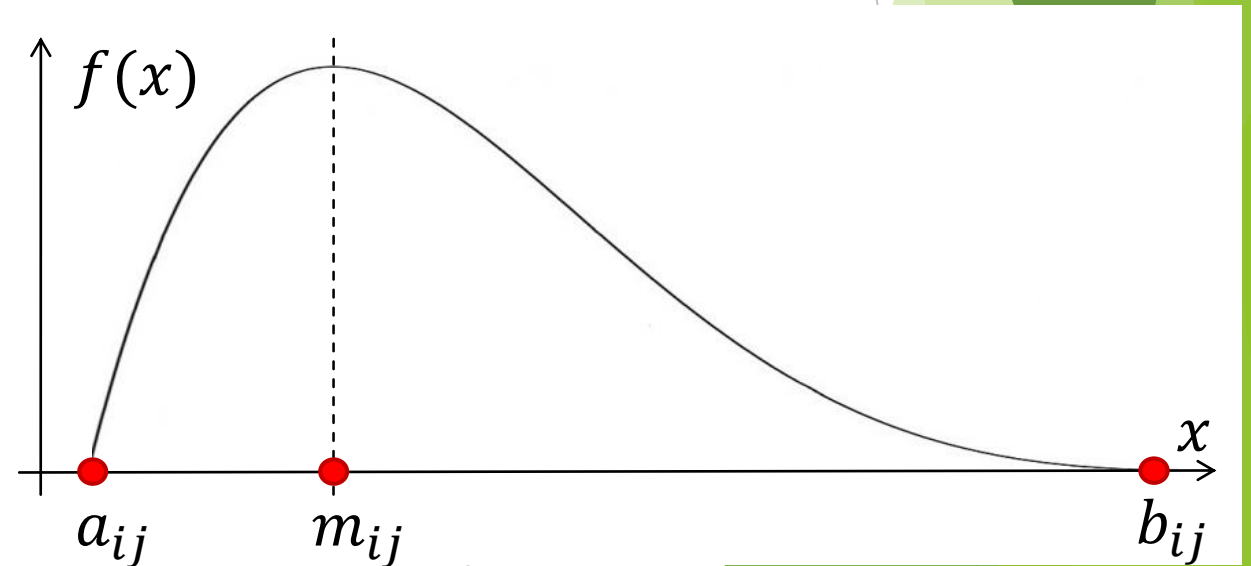
- ▶ PERT = Program Evaluation and Review Technique
- ▶ Metoda PERT - pravděpodobnostní rozšíření CPM
 - ▶ 1958 - Booz, Allen a Hamilton - řízení projektu *Polaris* amerického námořnictva (vývoj řízených střel pro atomové ponorky Polaris)
 - ▶ Zkrácení doby realizace o 18 měsíců

6.3 PERT

- ▶ CPM - doby trvání jsou pevně dané a neměnné
- ▶ PERT - doba trvání je náhodná veličina, pro kterou je známá
 - ▶ Nejkratší předpokládaná doba trvání (optimistický odhad) - a_{ij}
 - ▶ Nejdelší předpokládaná doba trvání (pesimistický odhad) - b_{ij}
 - ▶ Nejpravděpodobnější doba trvání (modální odhad) - m_{ij}

6.3 PERT

- ▶ Doba trvání je náhodná veličina, jejíž pravděpodobnostní rozdělení není předem známé
- ▶ Lze ho však aproximovat β -rozdělením
 - ▶ Na konečném intervalu $\langle a, b \rangle$
 - ▶ Obecně nesymetrické



6.3 PERT

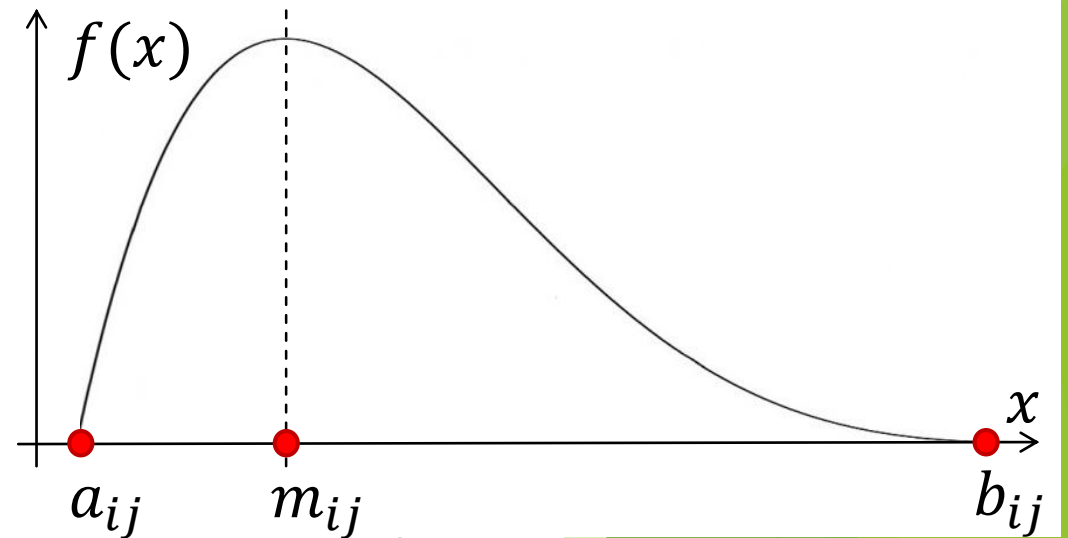
▶ β -rozdělení

▶ Střední hodnota EV :

$$\mu_{ij} = \frac{a_{ij} + 4m_{ij} + b_{ij}}{6}$$

▶ Směrodatná odchylka σ :

$$\sigma_{ij} = \frac{b_{ij} - a_{ij}}{6}$$



6.3 PERT

- ▶ Postup celé analýzy je shodný s postupem uvedeným v metodě CPM
 - ▶ Místo pevně daných dob trvání y_{ij} pracujeme se **střední (očekávanou) dobou trvání činnosti μ_{ij}**
 - ▶ Místo pevně dané doby dokončení projektu T určíme **střední (očekávanou) dobu trvání projektu M**

6.3 Příklad - PERT - zadání

a_{ij} m_{ij} b_{ij}

| Činnost | Předchůdci | Optimistický odhad | Modální odhad | Pesimistický odhad |
|---------|------------|--------------------|---------------|--------------------|
| A | - | 1 | 1,5 | 2 |
| B | - | 2 | 4 | 7 |
| C | A | 1 | 1,5 | 3 |
| D | A | 2 | 3,5 | 5 |
| E | B, C | 0,5 | 1 | 2,5 |
| F | B, C | 1 | 1,5 | 4 |
| G | D, E | 1 | 1,5 | 2 |
| H | D, E | 2 | 4 | 9 |
| I | F, G | 1 | 1 | 2 |

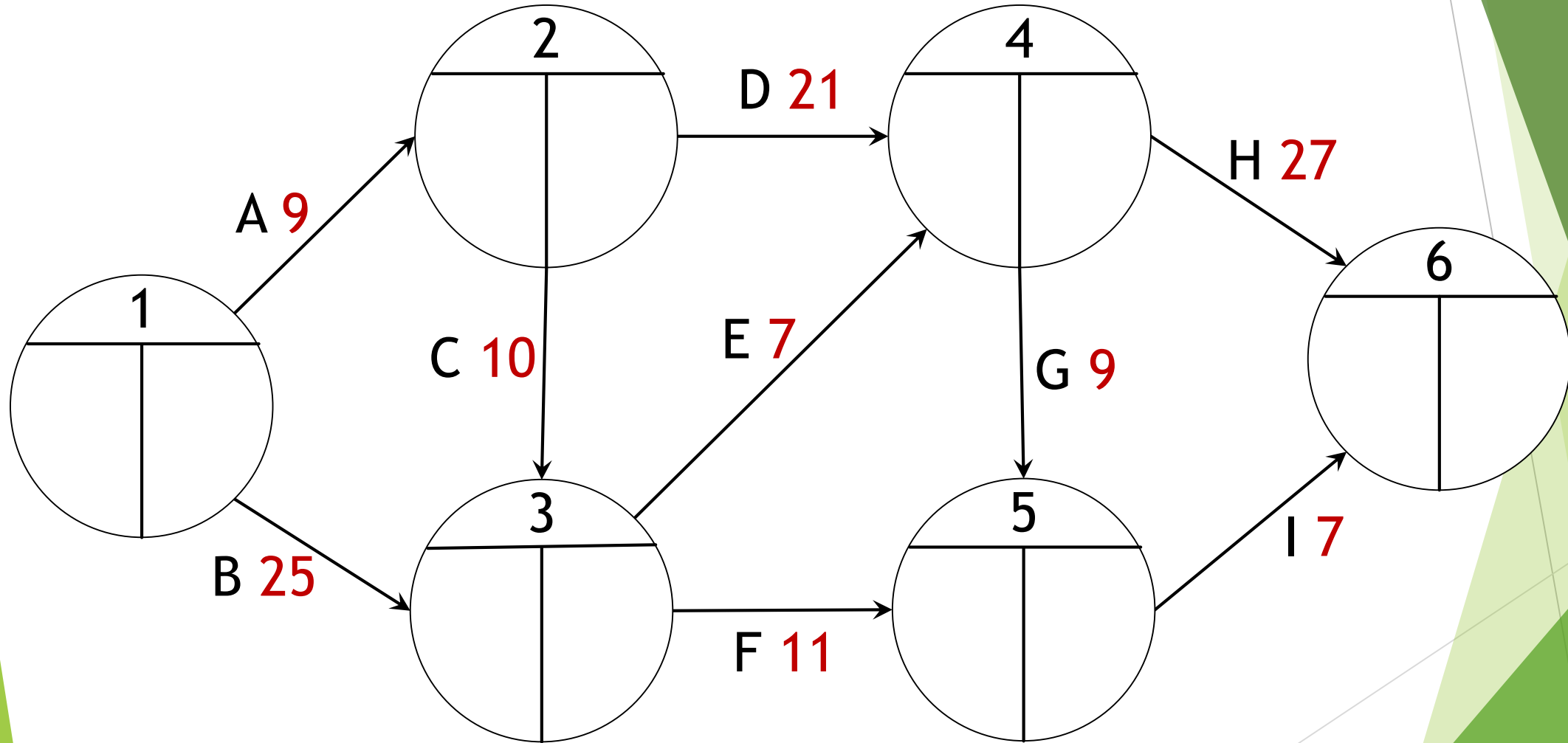
$$\mu_{ij} = \frac{a_{ij} + 4m_{ij} + b_{ij}}{6}$$

$$\sigma_{ij} = \frac{b_{ij} - a_{ij}}{6}$$

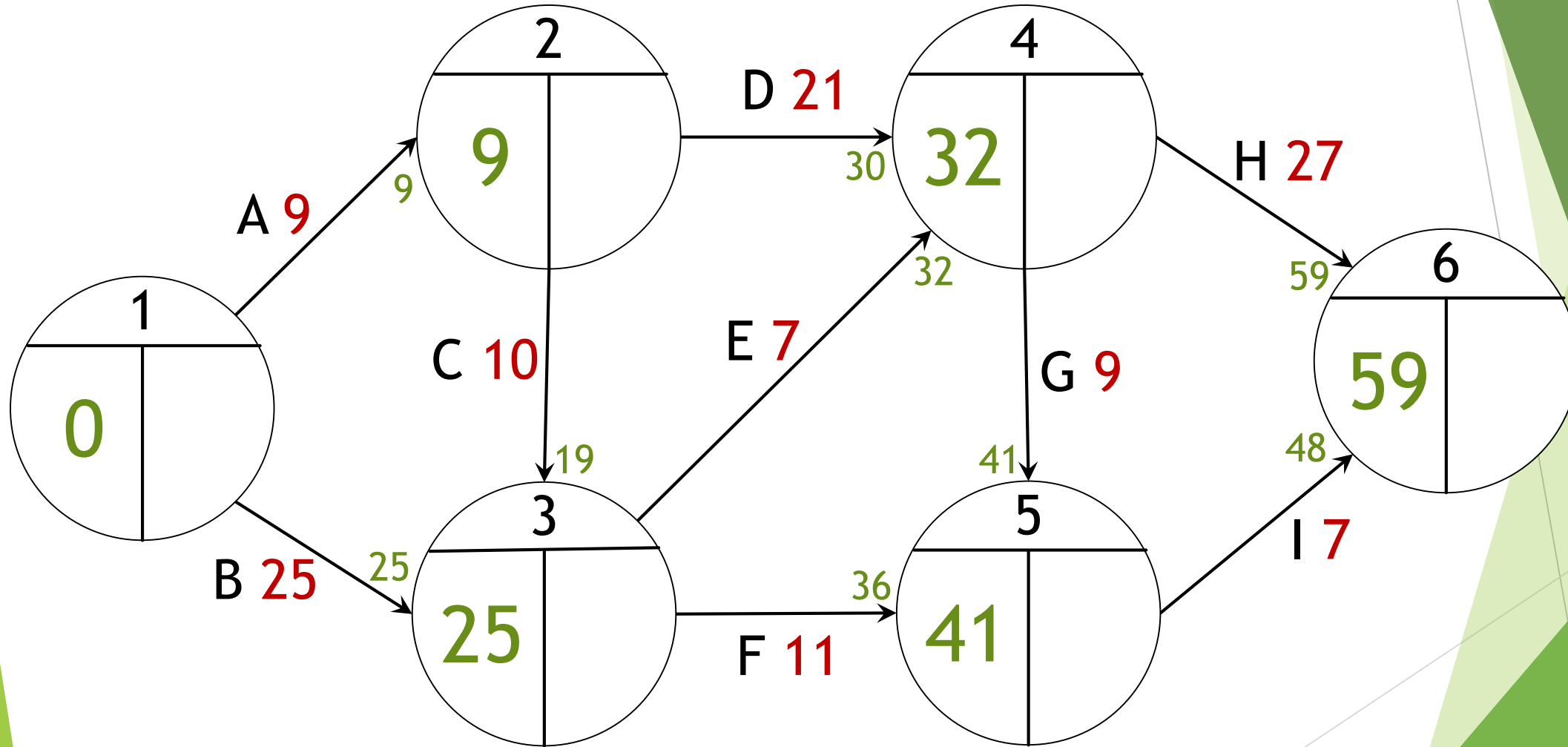
6.3 Příklad - PERT - odhady

| Činnost | Předchůdci | Optimistický odhad | Modální odhad | Pesimistický odhad | Střední doba trvání |
|---------|------------|--------------------|---------------|--------------------|---------------------|
| A | - | 1 | 1,5 | 2 | 9 / 6 |
| B | - | 2 | 4 | 7 | 25 / 6 |
| C | A | 1 | 1,5 | 3 | 10 / 6 |
| D | A | 2 | 3,5 | 5 | 21 / 6 |
| E | B, C | 0,5 | 1 | 2,5 | 7 / 6 |
| F | B, C | 1 | 1,5 | 4 | 11 / 6 |
| G | D, E | 1 | 1,5 | 2 | 9 / 6 |
| H | D, E | 2 | 4 | 9 | 27 / 6 |
| I | F, G | 1 | 1 | 2 | 7 / 6 |

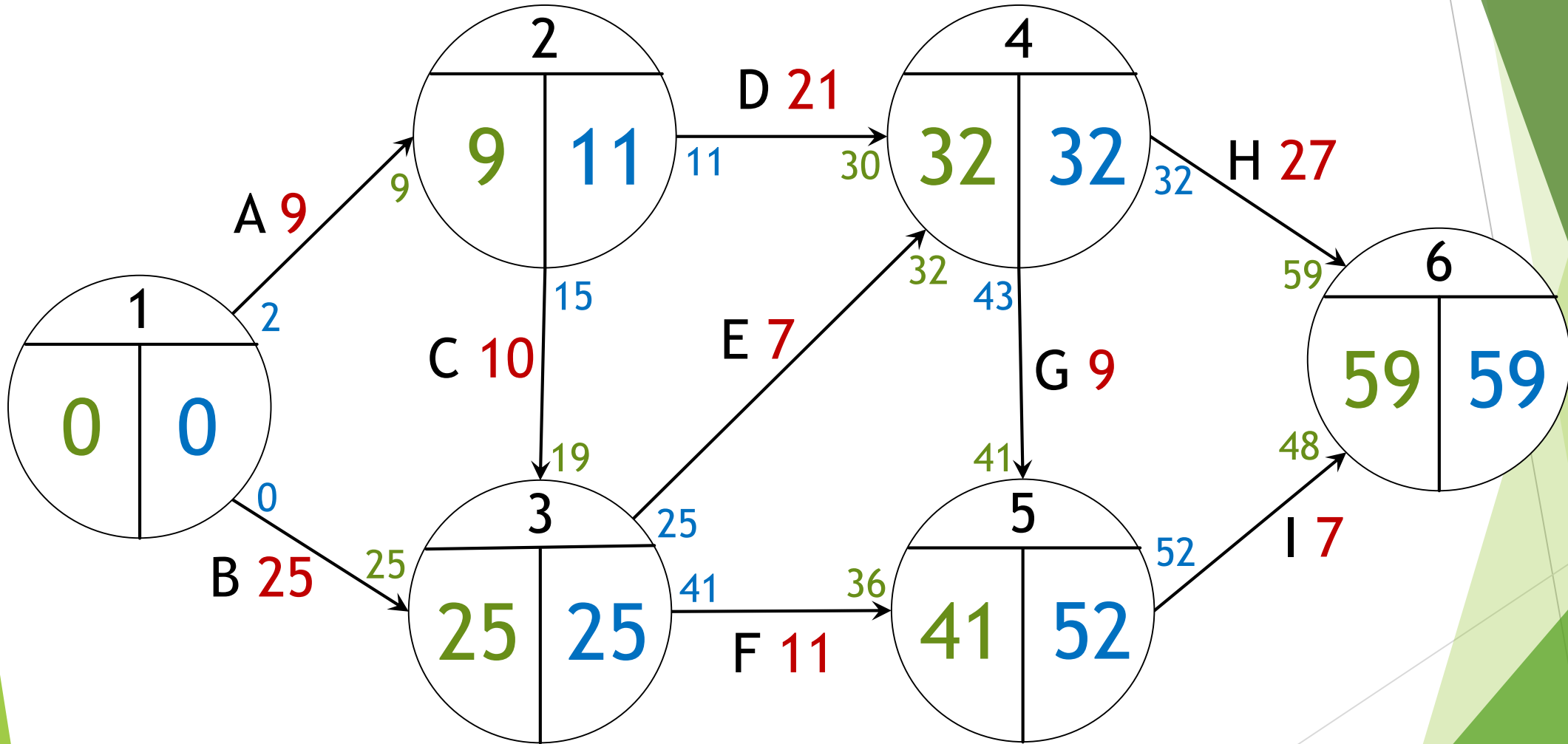
6.3 Příklad - PERT - doby trvání



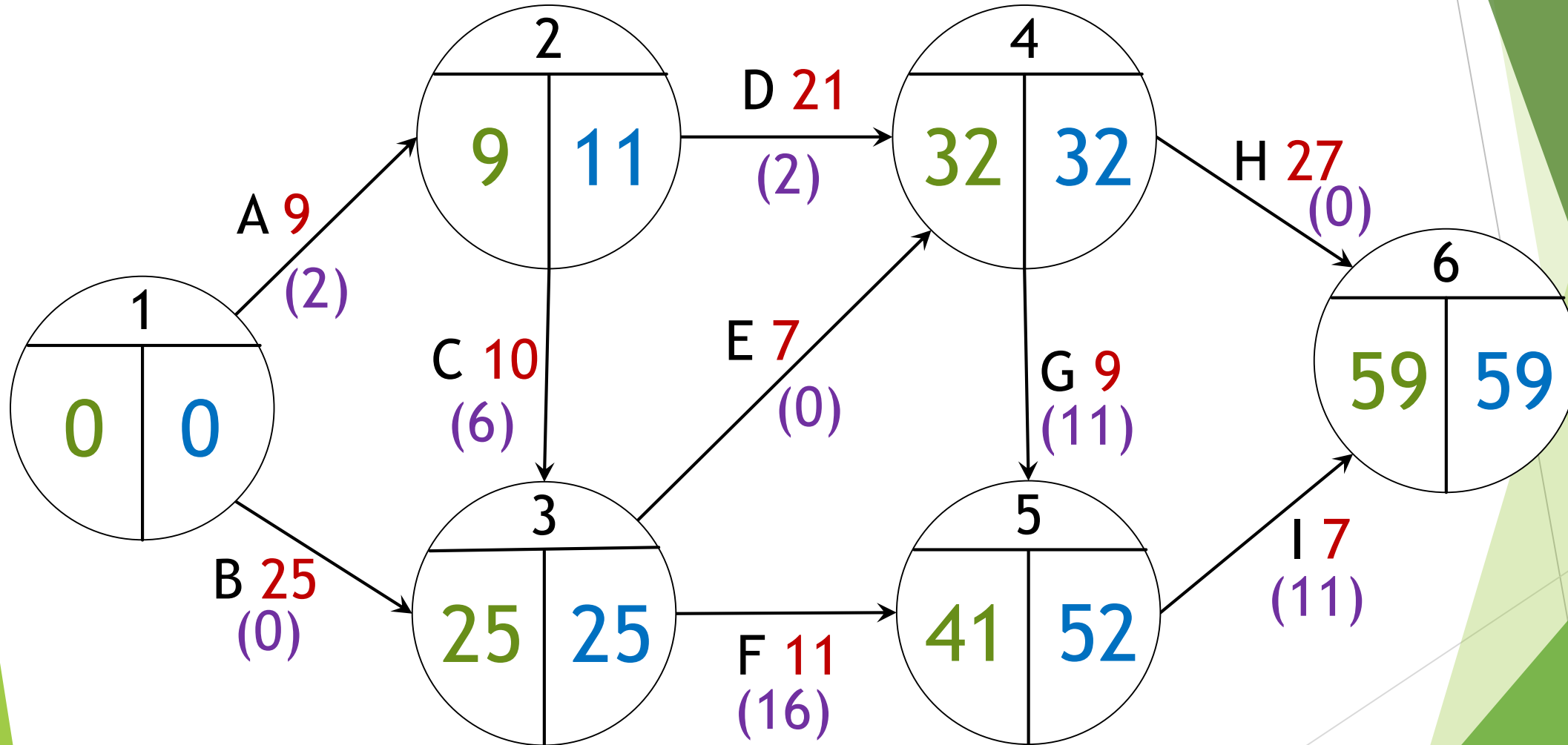
6.3 Příklad - PERT - výpočet vpřed



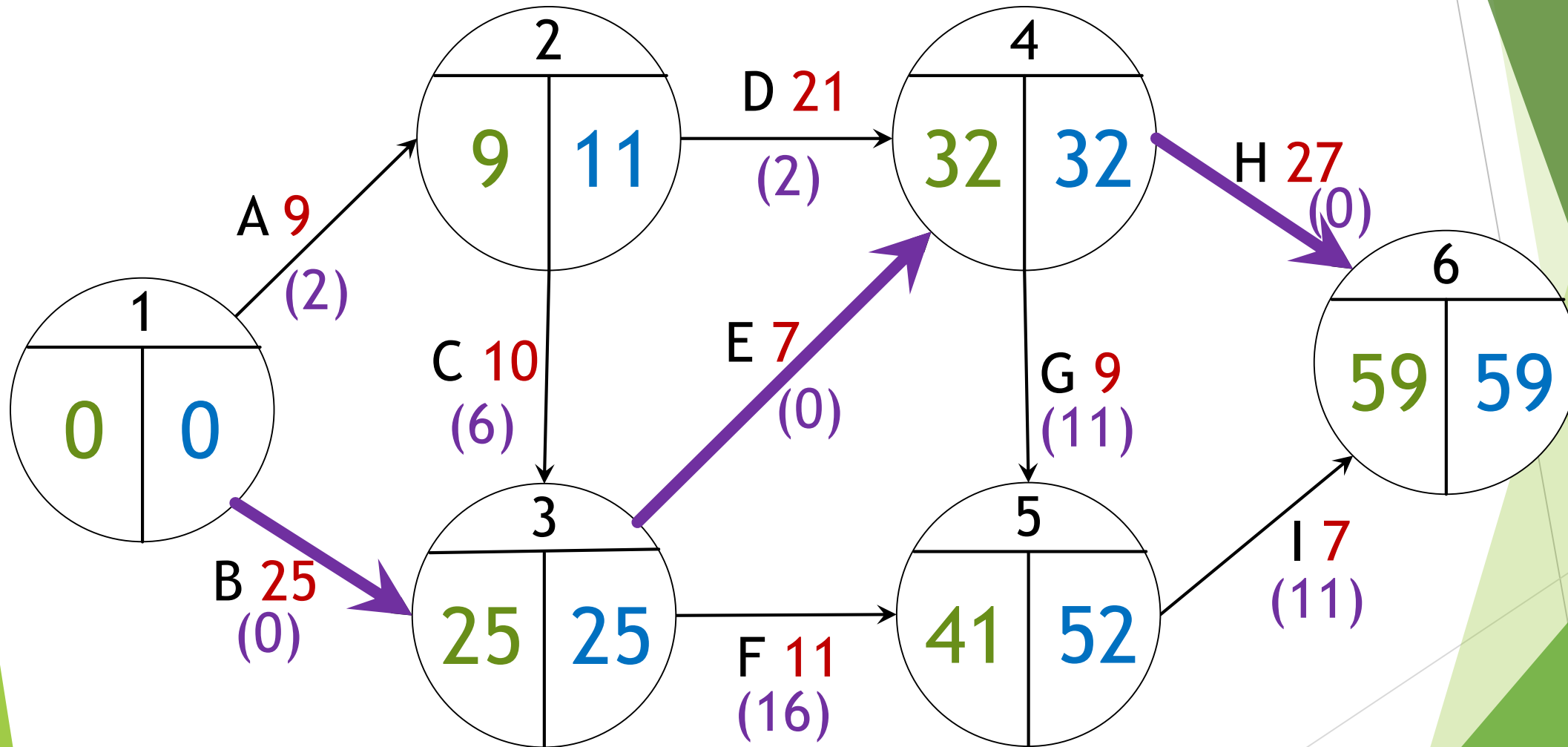
6.3 Příklad - PERT - výpočet vzad



6.3 Příklad - PERT - celkové rezervy



6.3 Příklad - PERT - kritická cesta



6.3 PERT

- ▶ Doba dokončení projektu (skutečná) T_S je také náhodná veličina se
 - ▶ střední hodnotou M
 - ▶ rozptylem σ_{KC}^2 , kde σ_{KC}^2 je součet rozptylů všech kritických činností
 - ▶ a normálním rozdělením: $T_S \sim N(M, \sigma_{KC}^2)$
(za dost obecných podmínek - CLV)
- ▶ Platí, že náhodná veličina $Z = \frac{T_S - M}{\sigma_{KC}} \sim N(0,1)$ a hodnoty tohoto rozdělení jsou tabelovány

6.3 PERT - pravděpodobnostní analýza

- ▶ Metoda PERT zodpoví i následující otázky:
- ▶ Jaká je pravděpodobnost, že projekt skončí nejpozději v zadaném čase T_S ?
- ▶ V jakém čase bude projekt ukončen se stanovenou pravděpodobností p ?

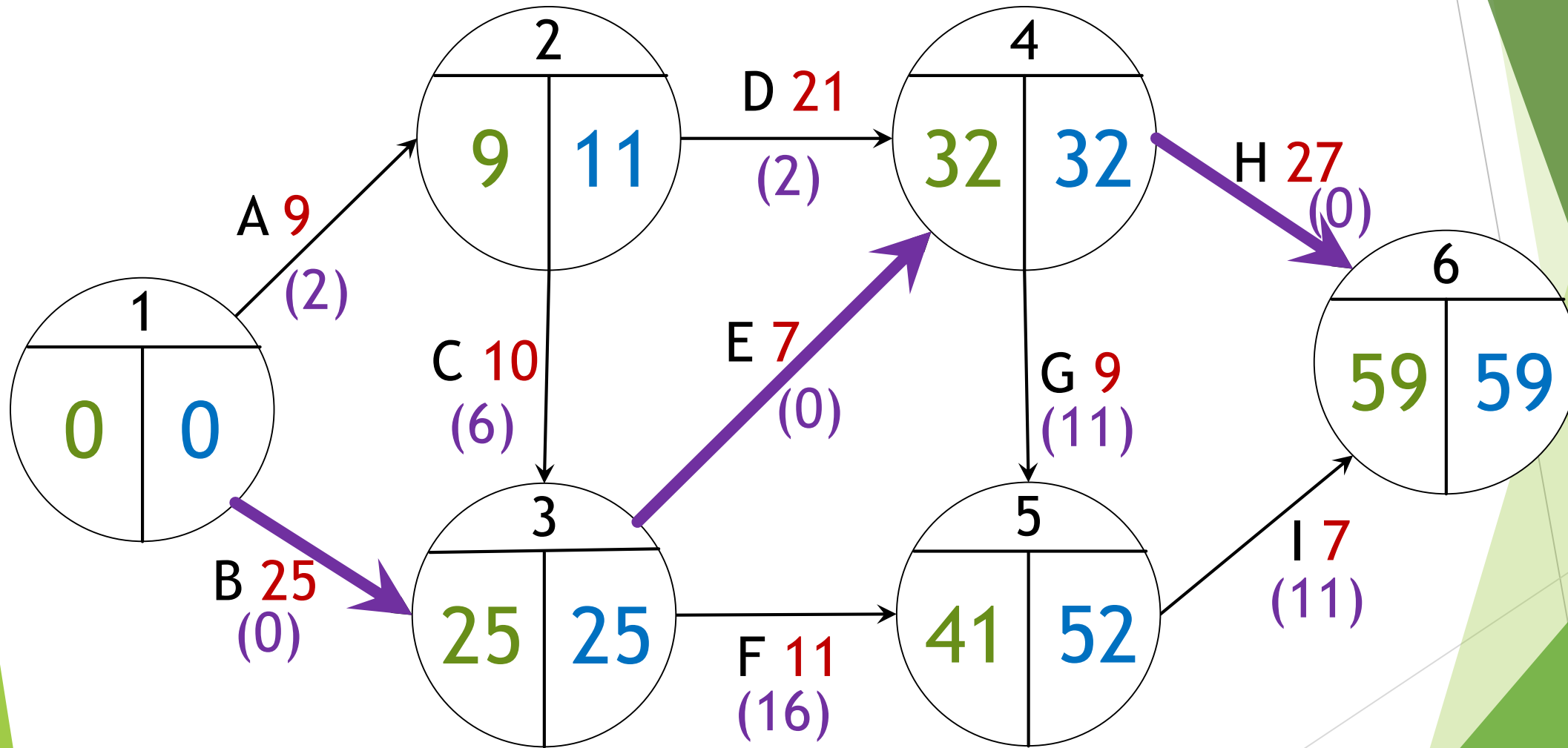
6.3 PERT - pravděpodobnostní analýza

- ▶ Jaká je pravděpodobnost, že projekt skončí nejpozději v zadaném čase T_S ?
- ▶ $Z = \frac{T_S - M}{\sigma_{KC}} \sim N(0,1)$
 - ▶ M a σ_{KC} spočítáme na základě výsledků metody PERT
 - ▶ T_S je zadané
 - ▶ Dosadíme a spočítáme z
 - ▶ V tabulkách standardního normálního rozdělení najdeme odpovídající pravděpodobnost p

6.3 PERT - pravděpodobnostní analýza

- ▶ V jakém čase bude projekt ukončen se stanovenou pravděpodobností p ?
- ▶ Postup výpočtu je opačný.
- ▶ Známe pravděpodobnost p a v tabulkách standardního normálního rozdělení najdeme odpovídající hodnotu z_p
- ▶ M a σ_{KC} spočítáme na základě výsledků metody PERT
- ▶ Dosadíme do $z = \frac{T_S - M}{\sigma_{KC}}$ a určíme $T_S = M + z_p \sigma_{KC}^2$

6.3 Příklad - PERT - kritická cesta



6.3 Příklad - PERT - odhady

| Činnost | Předchůdci | a_{ij} | m_{ij} | b_{ij} | μ_{ij} | σ_{ij} |
|---------|------------|----------|----------|----------|------------|---------------|
| A | - | 1 | 1,5 | 2 | 9 / 6 | 1 / 6 |
| B | - | 2 | 4 | 7 | 25 / 6 | 5 / 6 |
| C | A | 1 | 1,5 | 3 | 10 / 6 | 2 / 6 |
| D | A | 2 | 3,5 | 5 | 21 / 6 | 3 / 6 |
| E | B, C | 0,5 | 1 | 2,5 | 7 / 6 | 2 / 6 |
| F | B, C | 1 | 1,5 | 4 | 11 / 6 | 3 / 6 |
| G | D, E | 1 | 1,5 | 2 | 9 / 6 | 1 / 6 |
| H | D, E | 2 | 4 | 9 | 27 / 6 | 7 / 6 |
| I | F, G | 1 | 1 | 2 | 7 / 6 | 1 / 6 |

$$M = \frac{25}{6} + \frac{7}{6} + \frac{27}{6} = \frac{59}{6} = 9,8\bar{3}$$

$$\begin{aligned} \sigma_{KC}^2 &= \\ &= \left(\frac{5}{6}\right)^2 + \left(\frac{2}{6}\right)^2 + \left(\frac{7}{6}\right)^2 = \\ &= \frac{25 + 4 + 49}{36} = \frac{78}{36} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sigma_{KC} &= \sqrt{\sigma_{KC}^2} = \sqrt{\frac{78}{36}} = \\ &= \frac{\sqrt{78}}{6} \doteq 1,4720 \end{aligned}$$

6.3 Příklad - PERT - pravděpodobnost

- ▶ $M = 9,8\bar{3}$
- ▶ $\sigma_{KC} \doteq 1,4720$
- ▶ $Z = \frac{T_S - M}{\sigma_{KC}}$

Jaká je pravděpodobnost, že na zkoušku budete připraveni přesně za $9,8\bar{3}$ hodiny?

6.3 Příklad - PERT - pravděpodobnost

► $M = 9,8\bar{3}$

► $\sigma_{KC} \doteq 1,4720$

► $Z = \frac{T_S - M}{\sigma_{KC}}$

► $Z = \frac{9,8\bar{3} - 9,8\bar{3}}{1,4720} = 0$

Jaká je pravděpodobnost, že se na zkoušku stihnete připravit do $9,8\bar{3}$ hodiny?

$p = 0,5 = 50\%$

Tabulka hodnot distribuční funkce standardizovaného normálního rozdělení $N(0,1)$
(pro hodnoty $z \leq 0$)

| $-z$ | 0.00 | 0.01 | 0.02 | 0.03 | 0.04 | 0.05 | 0.06 | 0.07 | 0.08 | 0.09 |
|------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 0.0 | 0.50000 | 0.49601 | 0.49202 | 0.48803 | 0.48405 | 0.48006 | 0.47608 | 0.47210 | 0.46812 | 0.46414 |
| 0.1 | 0.46017 | 0.45621 | 0.45224 | 0.44828 | 0.44433 | 0.44038 | 0.43644 | 0.43251 | 0.42858 | 0.42466 |
| 0.2 | 0.42074 | 0.41683 | 0.41294 | 0.40905 | 0.40517 | 0.40129 | 0.39743 | 0.39358 | 0.38974 | 0.38591 |

6.3 Příklad - PERT - pravděpodobnost

► $M = 9,8\bar{3}$

► $\sigma_{KC} \doteq 1,4720$

► $Z = \frac{T_S - M}{\sigma_{KC}}$

► $Z = \frac{9 - 9,8\bar{3}}{1,4720} = \frac{-0,8\bar{3}}{1,4720} \doteq -0,5661$

Jaká je pravděpodobnost, že se na zkoušku stihnete připravit do 9 hodin?

$p \doteq 0,28567 \doteq 28,6\%$

Tabulka hodnot distribuční funkce standardizovaného normálního rozdělení $N(0,1)$
(pro hodnoty $z \leq 0$)

| $-z$ | 0.00 | 0.01 | 0.02 | 0.03 | 0.04 | 0.05 | 0.06 | 0.07 | 0.08 | 0.09 |
|------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 0.4 | 0.34458 | 0.34090 | 0.33724 | 0.33360 | 0.32997 | 0.32636 | 0.32276 | 0.31918 | 0.31561 | 0.31207 |
| 0.5 | 0.30854 | 0.30503 | 0.30153 | 0.29806 | 0.29460 | 0.29116 | 0.28774 | 0.28434 | 0.28096 | 0.27760 |
| 0.6 | 0.27425 | 0.27093 | 0.26763 | 0.26435 | 0.26109 | 0.25785 | 0.25463 | 0.25143 | 0.24825 | 0.24510 |

6.3 Příklad - PERT - pravděpodobnost

- ▶ $M = 9,8\bar{3}$
- ▶ $\sigma_{KC} \doteq 1,4720$
- ▶ $Z = \frac{T_S - M}{\sigma_{KC}}$
- ▶ $Z = \frac{10 - 9,8\bar{3}}{1,4720} = \frac{0,1\bar{6}}{1,4720} \doteq 0,1132$

Jaká je pravděpodobnost, že se na zkoušku stihnete připravit do 10 hodin?

$p \doteq 0,54506 \doteq 54,5\%$

Tabulka hodnot distribuční funkce standardizovaného normálního rozdělení $N(0,1)$
(pro hodnoty $z \geq 0$)

| z | 0.00 | 0.01 | 0.02 | 0.03 | 0.04 | 0.05 | 0.06 | 0.07 | 0.08 | 0.09 |
|----------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 0.0 | 0.50000 | 0.50399 | 0.50798 | 0.51197 | 0.51595 | 0.51994 | 0.52392 | 0.52790 | 0.53188 | 0.53586 |
| 0.1 | 0.53983 | 0.54380 | 0.54776 | 0.55172 | 0.55567 | 0.55962 | 0.56356 | 0.56749 | 0.57142 | 0.57535 |
| 0.2 | 0.57926 | 0.58317 | 0.58706 | 0.59095 | 0.59483 | 0.59871 | 0.60257 | 0.60642 | 0.61026 | 0.61409 |

6.3 Příklad - PERT - pravděpodobnost

- ▶ $M = 9,8\bar{3}$
- ▶ $\sigma_{KC} \doteq 1,4720$
- ▶ $Z = \frac{T_S - M}{\sigma_{KC}}$

- ▶ $1,28155 = \frac{T_S - 9,8\bar{3}}{1,4720}$

- ▶ $T_S = 9,8\bar{3} + 1,28155 \cdot 1,4720 \doteq 11,71977 \doteq 12$

Chci mít jistotu 90 %, že se na zkoušku stihnu připravit. Kolik času si musím rezervovat?

$T_S \doteq 12$

| z | 0.00 | 0.01 | 0.02 | 0.03 | 0.04 | 0.05 | 0.06 | 0.07 | 0.08 | 0.09 |
|-----|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 1.1 | 0.86433 | 0.86650 | 0.86864 | 0.87076 | 0.87286 | 0.87493 | 0.87698 | 0.87900 | 0.88100 | 0.88298 |
| 1.2 | 0.88493 | 0.88686 | 0.88877 | 0.89065 | 0.89251 | 0.89435 | 0.89617 | 0.89796 | 0.89973 | 0.90147 |
| 1.3 | 0.90320 | 0.90490 | 0.90658 | 0.90824 | 0.90988 | 0.91149 | 0.91308 | 0.91466 | 0.91621 | 0.91774 |

Detaily k přednášce: skripta, kapitola 6

KONEC