

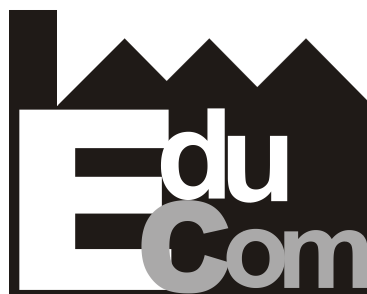


*Tento materiál vznikl jako součást projektu EduCom, který je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem ČR.*

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

# Layout pracoviště a řízení *Rozvrhování pracovníků*

Jan Vavruška  
Technická univerzita v Liberci



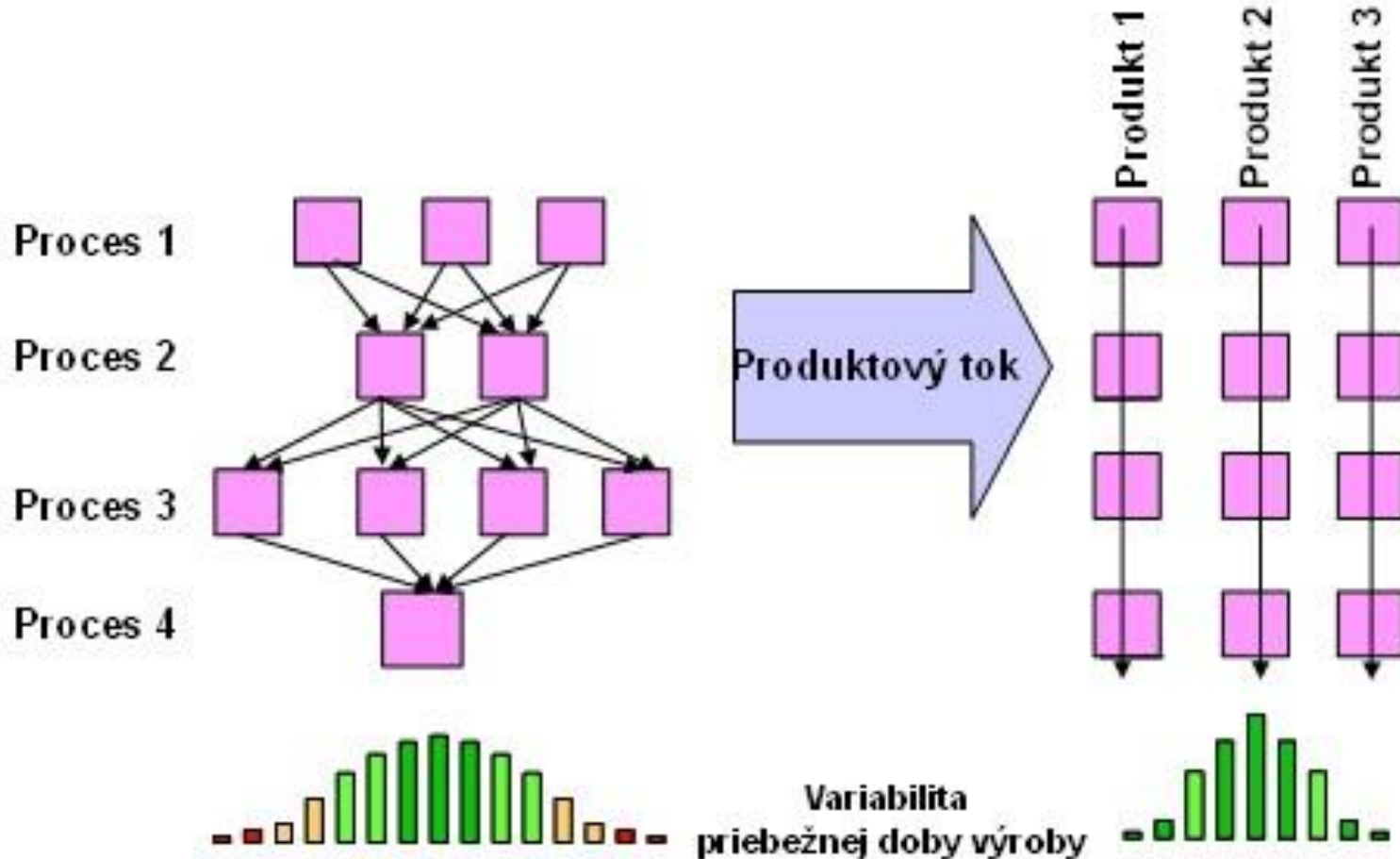
EDUCATION COMPANY

## Průmyslové inženýrství

Technická univerzita v Liberci a partneři  
Preciosa, a.s. a TOS Varnsdorf a.s.



# Technologický X Produktový Layout

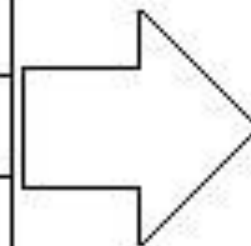


# Porovnávací matice

| Číslo sůčiasťky | Popis sůčiasťky | Stroj /zariadenie |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |
|-----------------|-----------------|-------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|-----|
|                 |                 | M1                | M2 | M3 | M4 | D1 | D2 | D3 | D4 | B1 | B2 | B3 | B4 | R1 | R2 | R3 | R4 | T1 | T2 | T3 | T4 | Iné |     |
| 6060            |                 |                   |    |    | x  | x  |    |    |    |    |    | x  |    |    |    | x  |    |    |    |    |    |     |     |
| 6061            |                 | x                 |    |    |    |    |    |    | x  |    |    |    | x  | x  |    |    |    | x  |    |    |    |     | MC2 |
| 6065            |                 |                   | x  |    |    |    |    | x  |    |    |    |    | x  |    | x  |    |    |    |    |    | x  |     |     |
| 6066            |                 | x                 |    |    |    |    |    |    | x  |    |    |    | x  | x  |    |    |    |    |    |    |    |     | L4  |
| 6068            |                 |                   | x  |    |    |    |    |    | x  |    |    |    | x  |    | x  |    |    |    |    |    |    | x   |     |
| 6069            |                 |                   | x  |    |    |    |    |    | x  |    |    |    | x  |    | x  |    |    |    |    |    |    | x   |     |
| 6070            |                 | x                 |    |    |    |    |    |    |    | x  |    |    |    | x  | x  |    |    |    |    |    |    |     | L4  |
| 6071            |                 | x                 |    |    |    |    |    |    |    |    | x  |    |    | x  | x  |    |    |    |    |    |    |     | L4  |
| 6072            |                 | x                 |    |    |    |    |    |    |    |    |    | x  |    |    | x  | x  |    |    |    |    |    |     | L4  |
| 6077            |                 |                   |    |    |    | x  | x  |    |    |    |    |    |    |    |    |    | x  |    |    |    |    |     |     |
| 6078            |                 |                   | x  |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | x  |    | x  |    |    |    |    |    | x   |     |
| 6079            |                 |                   | x  |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | x  |    | x  |    |    |    |    |    | x   |     |
| 6081            |                 | x                 |    |    |    |    |    |    |    | x  |    |    |    | x  | x  |    |    |    |    |    | x  |     | MC2 |
| 6082            |                 | x                 |    |    |    |    |    |    |    |    | x  |    |    |    | x  | x  |    |    |    |    |    | x   |     |
| 6087            |                 | x                 |    |    |    |    |    |    |    |    | x  |    |    |    | x  | x  |    |    |    |    |    |     | L4  |
| 6088            |                 |                   |    |    |    | x  | x  |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | x   |     |
| 6089            |                 |                   |    |    |    | x  | x  |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | x   |     |
| 6090            |                 |                   |    |    |    | x  | x  |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | x   |     |
| 6091            |                 | x                 |    |    |    |    |    |    |    |    | x  |    |    |    | x  | x  |    |    |    |    |    | x   | MC2 |

# Alternativní technologie

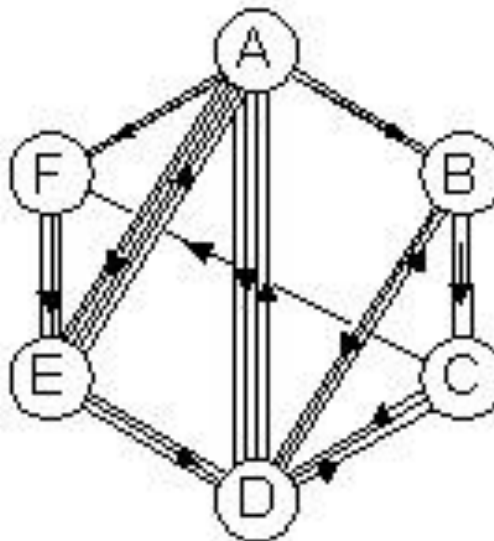
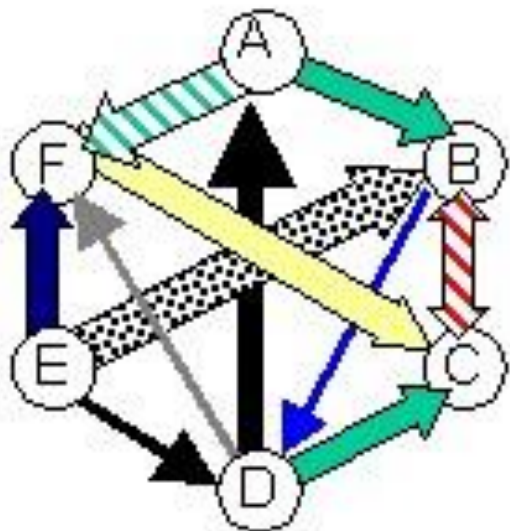
| Čiastkový problém                | Možnosti riešenia |                   |                            |
|----------------------------------|-------------------|-------------------|----------------------------|
|                                  | 1                 | 2                 | 3                          |
| A. opracovanie rotačného povrchu | konvenčný sústruh | NC sústruh        | obrábacie centrum          |
| B. opracovanie dier              | vrtáčka           | konvenčný sústruh | obrábacie centrum          |
| C. operačná manipulácia          | špeciálny robot   | ručne             | portálový robot            |
| D. medzioperačné skladovanie     | regál             | valčeková trať    | stohovanie                 |
| E. medzioperačná doprava         | portálový robot   | valčeková trať    | indukčný vozík             |
| F. zabezpečenie polohy súčiastky | systémová paleta  | človek            | robot s vizuálnym systémom |



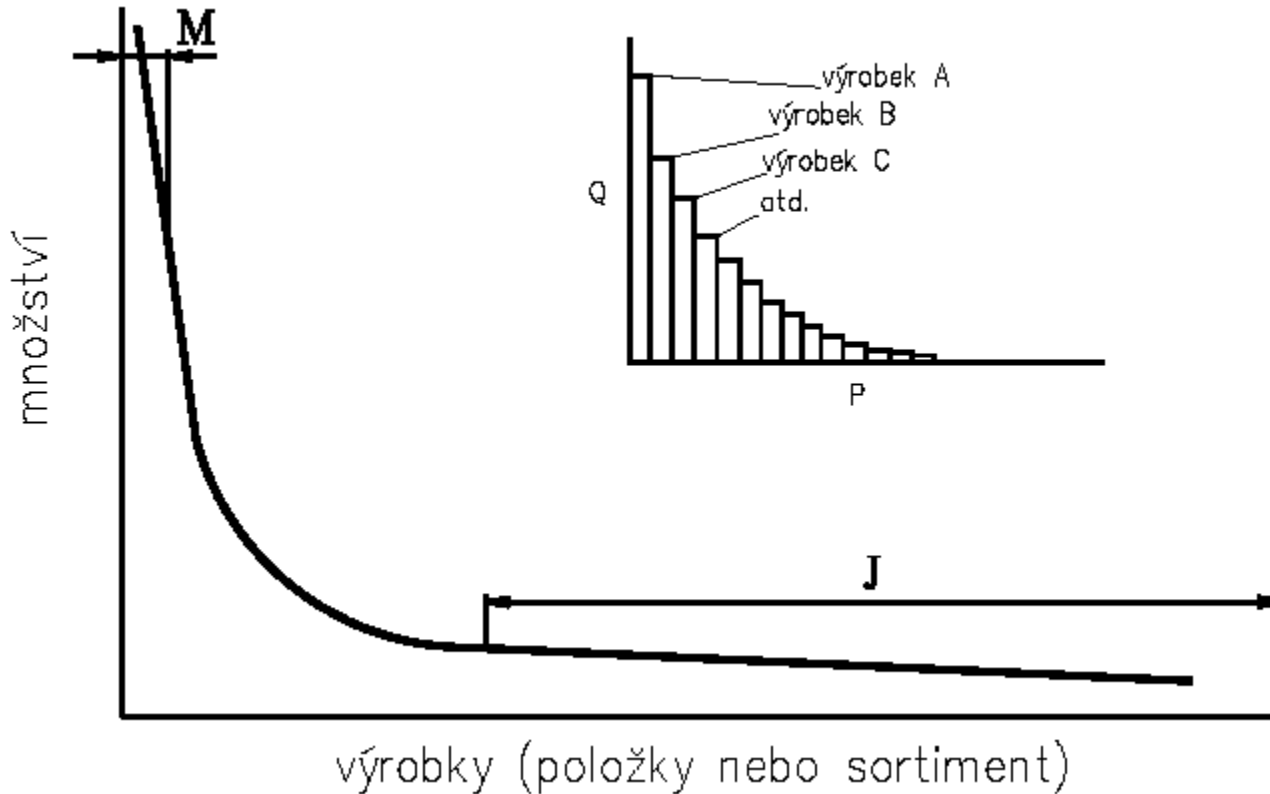
odvodené varianty projektu:

- A2-B3-C3-D3-E3-F1
- A3-B1-C2-D2-E2-F2
- A1-B1-C2-D3-E3-F2

# Sankeyův diagram



# PQ křivka – Parettova analýza



## Rozmíst'ovací metody

- Při sestavování návrhů dispozičního řešení využíval technologický projektant dříve více citu a intuice. V pozdější době byl doporučován postup rozboru sestavených variant, tzn. že z řady možných řešení bylo vybráno nejvhodnější dle stanovených kritérií.
- Pro dnešní moderní projektování byla sestavena řada metod, které i méně zkušenému projektantovi pomohou sestavit optimální dispozici. Samozřejmě, že při sestavování návrhu projektant nevyužívá pouze jednu metodu, ale v průběhu projektování kombinuje řadu metod, technik, návodů a zvyklostí.

KLIMEK, M. Multimediální výuka projektování výrob. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2008. 58 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Jiří Špínka.

# Rozmíst'ovací metody

Metody řešení rozmístění objektů lze rozdělit na:

- **Metody matematického programování (Craft)**
- **Metody posloupnosti:** trojúhelníková, kruhová apod.
- **Stochastické metody** rozmíst'ování objektů-pravděpodobnostní, např. Monte Carlo),
- **Kombinované metody.**



# CRAFT - (Computerized Relative Allocation of Facilities Technique)

- Cílem je nalezení minima kriteriální funkce problému manipulace

Problém optimalizace vzájemné polohy objektů:

- $v_{ij}$ ... počet jednotek materiálu pohybujících se mezi objekty  $i$  a  $j$
- $u_{ij}$ ... náklady na pohyb jednotky na jednotku vzdálenosti mezi  $i$  a  $j$
- $l_{ij}$ ... vzdálenost mezi objekty  $i$  a  $j$

- **Náklady na manipulaci celé produkce** mezi objekty  $i$  a  $j$  na jednotku vzdálenosti:

$$C_{ij} = u_{ij} v_{ij}$$

- **Náklady na manipulaci jednotky produkce** mezi objekty  $i$  a  $j$  na jejich vzdálenost:

$$d_{ij} = l_{ij} v_{ij}$$

# Účelové funkce metody CRAFT

Náklady řešení rozmístění jednotlivých objektů:

$$z = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n u_{ij} v_{ij} l_{ij} \dots \min$$

## 1. Problém rozmístovací

– konečný diskrétní počet matic  $\mathbf{L}$ , „hledání té nejlepší“ za podmínky

$$u_{ij} \dots konst,$$

$$v_{ij} \dots konst$$

## 2. Problém velikosti toku

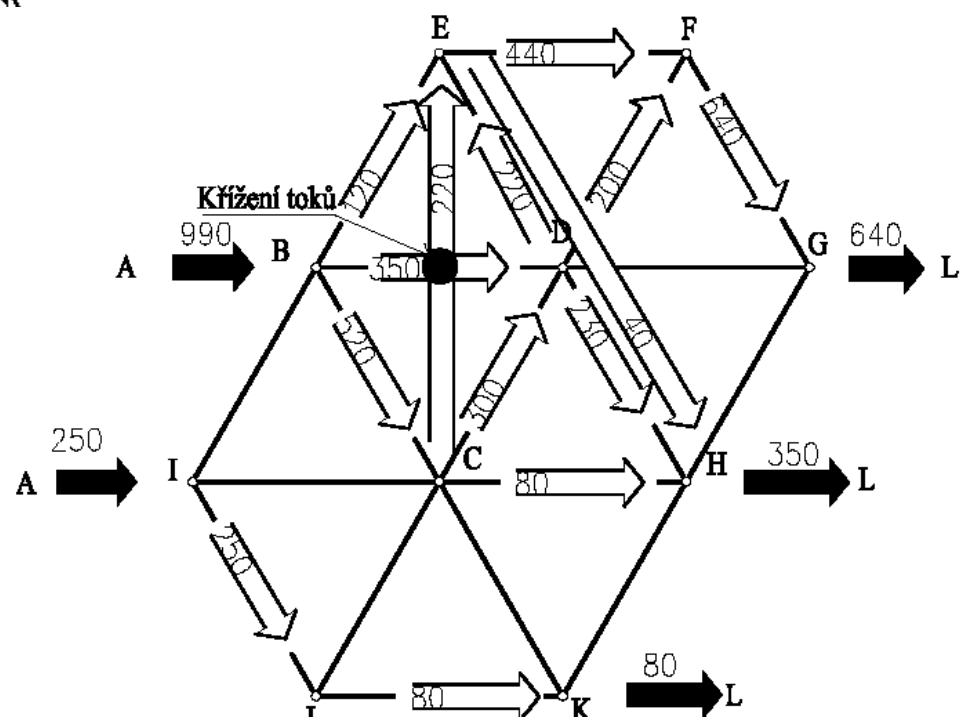
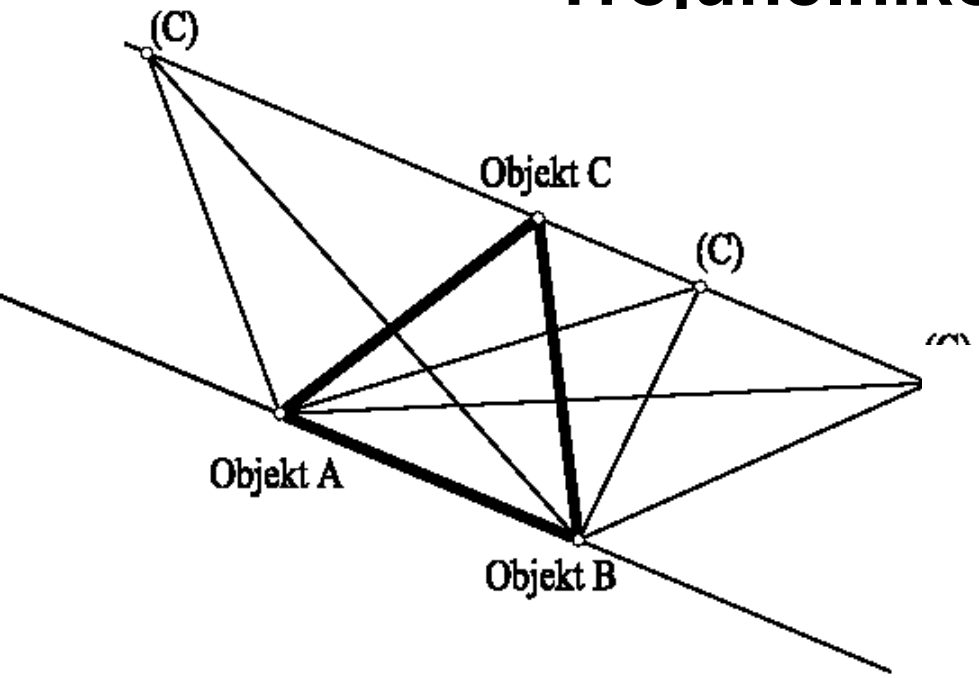
$$l_{ij} \dots konst,$$

$$v_{ij} \dots konst$$

$$\sum \sum u_{ij} = U$$

kde  $U$  je konst. množství materiálu určeného k přepravě

# Trojúhelníková metoda



# Trojúhelníková metoda

Tato metoda se používá ve dvou verzích :

- z paměti (bez výpočtu) - u jednoduchých případů s malým počtem prvků o výpočtem (exaktní)
- složitých systémů s větším počtem prvků

Tato metoda se používá tam, kde jeden vztah (např. množství přepravovaného materiálu mezi pracovišti) je výrazně rozhodující a ostatní vztahy jsou podřadné.

KLIMEK, M. Multimediální výuka projektování výrob. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2008. 58 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Jiří Špínka.

# Trojúhelníková metoda

Cíl: stroje s nejintenzivnějšími materiálovými toky mají být umístěny co nejbližší u sebe.

Metoda je založena na principu minimalizace vzdáleností mezi pracovišti s největším vztahem (materiálovým tokem), proto rozmístění „m“ výrobních prvků na „n“ disponibilních míst musí být provedeno tak, aby celkový přepravní výkon PVC v řešeném systému byl minimální

KLIMEK, M. Multimediální výuka projektování výrob. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2008. 58 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Jiří Špínka.

# Základní postup Trojúhelníková metoda

1. Označíme si všechny objekty, které budeme rozmísťovat, čísla nebo znaky (abychom v projektu a tabulkách nemuseli pracovat s dlouhými názvy).
2. Sestavíme si šachovnicovou tabulku základního vztahu (přepravovaného množství materiálu).

KLIMEK, M. Multimediální výuka projektování výrob. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2008. 58 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Jiří Špínka.

## Základní postup Trojúhelníková metoda

3. Z šachovnicové tabulky si sestavíme (sestupně) tabulku přepravovaného množství mezi dvojicemi pracovišť (od pracovišť s největším přepravovaným množstvím k nejnižším položkám). Poněvadž v této metodě nezáleží na tom, kolik materiálu putuje z pracoviště  $A \rightarrow B$  a kolik zpět z  $B \rightarrow A$ , uvádíme v této pomocné tabulce celkový součet materiálové přepravy mezi pracovišti A a B.

KLIMEK, M. Multimediální výuka projektování výrob. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2008. 58 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Jiří Špinka.

# Základní postup Trojúhelníková metoda

Očíslujeme-li si pracoviště čísla 1,2,3...n, bude tabulka vypadat takto:

| Pořadí                                    |              | 1    | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    |
|---|--------------|------|------|------|------|------|------|------|
| Posuzované pracoviště                     | č.pracoviště | 2    | 1    | 1    | 6    | 6    | 7    | 3    |
|   | č.pracoviště | 6    | 6    | 2    | 7    | 3    | 5    | 5    |
| Velikost vztahu (tun přepravovaného mat.) |              | 8500 | 7000 | 6400 | 6200 | 5500 | 5000 | 4200 |

KLIMEK, M. Multimediální výuka projektování výrob. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2008. 58 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Jiří Špínka.



## Rozmístění do trojúhelníků

- a) Nejprve umístíme pracovníště s nejintenzivnější vazbou (největším vzájemným množstvím přepravovaného materiálu), zde tedy pracovníště 2 a 6 do dvou sousedících vrcholových bodů trojúhelníkové sítě.
- b) Pak hledáme mezi dalšími většími vztahy pracovníště, které má vztah s již umístěnými pracovníšti 2 a 6. Najdeme-li takové pracovníště, které má vztah s oběma již umístěnými pracovníšti, umístíme je v jednom z volných vrcholů trojúhelníků (2, 6, X1), (2, 6, X2) viz další snímek. Má-li toto pracovníště vztah jen k jednomu, již umístěnému pracovníšti, např. pracovníšti 6 umístíme jej ve vrcholech Y1, Y2, Y3.
- c) Rozvinutím této základní logické úvahy pak umístujeme další pracovníště ve správném vztahu k již umístěným.

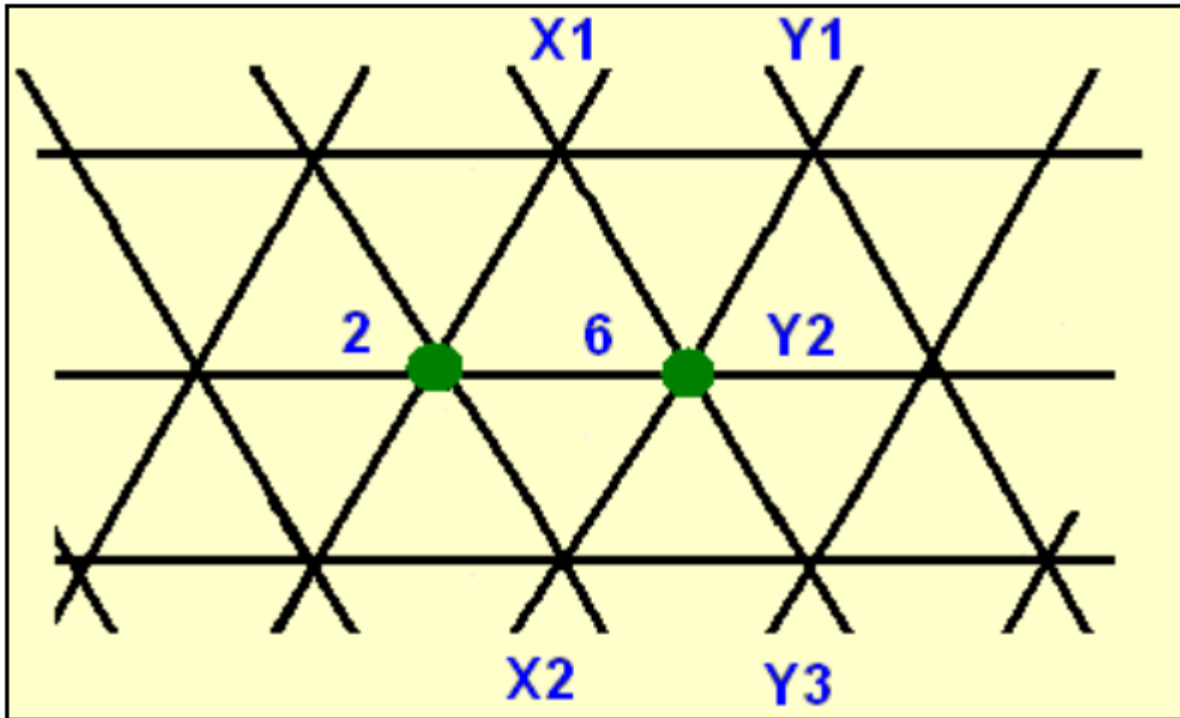
KLIMEK, M. Multimediální výuka projektování výrob. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2008. 58 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Jiří Špínka.

## Rozmístění do trojúhelníků

- a) Nejprve umístíme a) pracoviště s nejintenzivnější vazbou (největším vzájemným množstvím přepravovaného materiálu), zde tedy pracoviště 2 a 6 do dvou sousedících vrcholových bodů trojúhelníkové sítě.
- b) Pak hledáme mezi dalšími většími vztahy pracoviště, které má vztah s již umístěnými pracovišti 2 a 6. Najdeme-li takové pracoviště, které má vztah s oběma již umístěnými pracovišti, umístíme je v jednom z volných vrcholů trojúhelníků (2, 6, X1), (2, 6, X2) viz další snímek. Má-li toto pracoviště vztah jen k jednomu, již umístěnému pracovišti, např. pracovišti 6 umístíme jej ve vrcholech Y1, Y2, Y3.
- c) Rozvinutím této základní logické úvahy pak umístujeme další pracoviště ve správném vztahu k již umístěným.

KLIMEK, M. Multimediální výuka projektování výrob. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2008. 58 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Jiří Špínka.

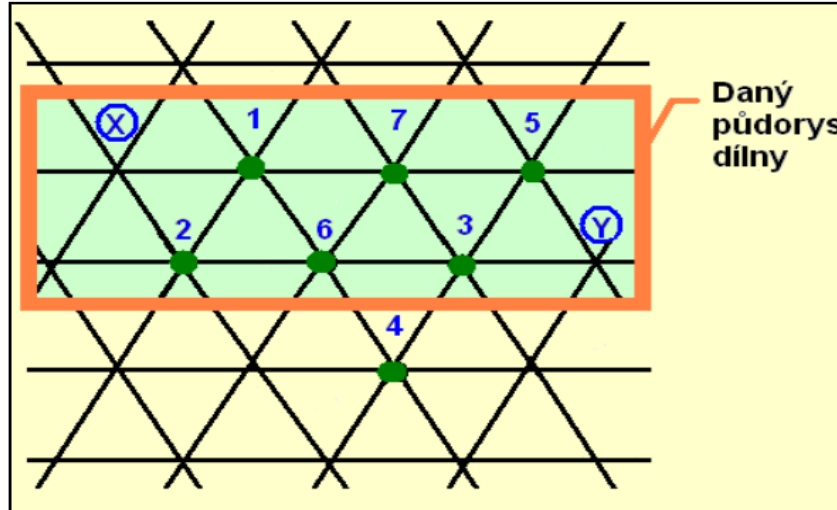
# Trojúhelníková síť



KLIMEK, M. Multimediální výuka projektování výrob. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2008. 58 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Jiří Špínka.

## Rozmístění do trojúhelníků

- d) Nakonec musíme provést návrh rozmístění pracovišť na plochu. To vytvoříme úpravou tohoto teoretického řešení dle konkrétních podmínek a půdorysného prostoru, který máme k dispozici. Pro řešený případ si půdorys dílny položíme tak, aby co nejlépe vyhovoval teoretickému řešení s minimální nutnou úpravou. V našem případě by úprava spočívala v přeložení pracoviště 4 do polohy X nebo Y správném vztahu k již umístěným.



KLIMEK, M. Multimediální výuka projektování výrob. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2008. 58 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Jiří Špinka.

## Složitější problém

Ve složitějších případech používáme jednoduchého výpočtu jak k vybrání pracoviště, které budeme umísťovat, tak pro stanovení polohy do níž se má umístit.

První dvě pracoviště s největším vztahem vybereme a umístíme stejně jako ve výše popisovaném postupu.

Dále pak využíváme výpočtový algoritmus sestávající ze dvou opakujících se výpočtů.

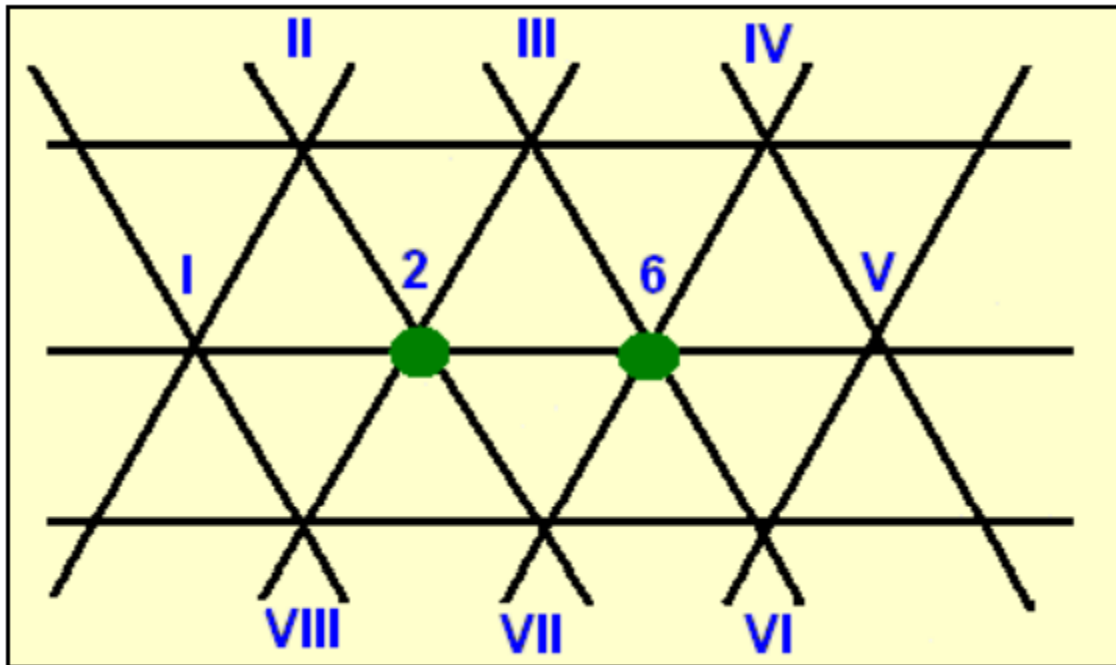
1) Výpočet dalšího pracoviště, které musíme umísťovat:

- u kterého pracoviště je součet ( $Z$ ) minimální, to pracoviště budeme nyní umísťovat.

2) Výpočet místa situování tohoto pracoviště provedeme následovně:

# Složitější problém

- Nejprve si určíme, ve kterých polohách může pracoviště I ležet



Teoreticky může ležet v osmi polohách

KLIMEK, M. Multimediální výuka projektování výrob. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2008. 58 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Jiří Špínka.

# Složitější problém

- Ve které poloze má ležet si vypočítáme v následující tabulce

|                         | Polohy možného umístění  |    |     |    |   |    |     |      |
|-------------------------|--|----|-----|----|---|----|-----|------|
| Již umístěné pracoviště | I  | II | III | IV | V | VI | VII | VIII |
| 2                       | Vztah již umístěných pracovišť k umísťovanému pracovišti 1, násobený počtem hran mezi již umístěným pracovištěm a uvažovanou polohou |    |     |    |   |    |     |      |
| 6                       |  |    |     |    |   |    |     |      |
| I                       | min  |    |     |    |   |    |     |      |

KLIMEK, M. Multimediální výuka projektování výrob. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2008. 58 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Jiří Špínka.

# Složitější problém

- Např. mezi pracovištěm 2 a pracovištěm 1 je vztah 6,400 t/rok (přepravovaného materiálu).  
Do políček 2-I; 2-II; 2-III; 2-VII a 2-VIII napíšeme hodnotu 6.400x 1.  
Do políček 2-IV; 2-V a 2-VI však zapíšeme 6.400x2, poněvadž musíme 6.400 t přepravovat přes dvě hrany.
- Potom vyhledáme, které poloze přísluší minimální součet ( $\Sigma$ ) a v této poloze dané pracoviště umístíme (v našem případě III).
- Pak následuje opět výpočet dalšího pracoviště k umístění a výpočet místa jeho umístění. Pro možné umístění můžeme zhotovit nový náčrtek, neboť místo III je již obsazené z předchozího kroku.
- Tento algoritmus opakujeme až do umístění všech pracovišť. Výpočet se dá automatizovat.

KLIMEK, M. Multimediální výuka projektování výrob. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2008. 58 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Jiří Špínka.



# Projektování a předpisy

- <http://www.tzb-info.cz/pravni-predpisy/narizeni-vlady-c-101-2005-sb-o-podrobnejsich-pozadavcich-na-pracoviste-a-pracovni-prostredi>

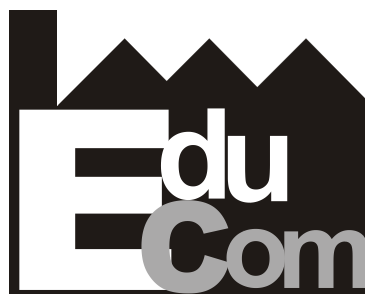
## NAŘÍZENÍ VLÁDY 101/2005 Sb.

ze dne 26. ledna 2005

## Podrobnější požadavky na pracoviště a pracovní prostředí

[Nařízení vlády 101-2005 o požadavcích na pracoviště a prostředí.pdf](#)

# Děkuji za pozornost



EDUCATION COMPANY

Tato přednáška byla inovována v rámci projektu EduCom  
CZ.1.07/2.2.00/15.0089

EduCom - Inovace studijních programů s ohledem na  
požadavky a potřeby průmyslové praxe zavedením inovativního  
vzdělávacího systému "Výukový podnik"