

Určení kapacity mezioperačního skladu pomocí simulace

Vladimír HANTA

Ústav počítačové a řídicí techniky VŠCHT Praha

Obsah

- úvod
- vlnitá lepenka
- výroba vlnité lepenky
- simulační model linky pro výrobu a zpracování vlnité lepenky
- simulační experimenty pro ověření dostatečné kapacity skladu rozpracované výroby WIP
- závěry

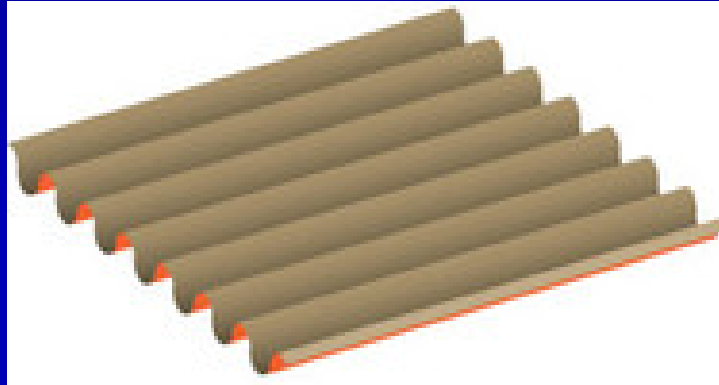
Počítačová simulace

- řešení **průmyslových** problémů pomocí **simulace**:
 - **zlepšení** produktivity procesů
 - **snížování** nákladů
 - **zvýšení** zisku
- **vyrovnání** výkonnosti nebo kapacity různých částí výrobního procesu
- **návrh** výrobního procesu:
 - důraz na **technologické** části výrobní linky
 - **méně** na části, které jsou **logistického** charakteru
- **paradox: drahé** výrobní zařízení není využíváno na plný výkon, je **omezeno** nedostatečnou kapacitou výrazně **levnějších** logistických zařízení

Papír a papírové výrobky

- **vyspělost** moderní ekonomiky: spotřeba **papíru** na jednoho obyvatele a rok
- papír a výrobky z něj vyráběné lze rozdělit podle použití na tři skupiny:
 - **komunikace** (papíry pro tisk, rozmnožování a psaní),
 - **hygiena** (toaletní papíry, papírové kapesníky a utěrky)
 - **obaly** (technické papíry, lepenky a kartony).
 - podíl **technických** papírových výrobků na celkové produkci papíru je **42 – 45 %** a neustále se **zvyšuje**
- soulad s **ekologickými** požadavky na používání **recyklovatelných** materiálů z **obnovitelných** zdrojů

Vlnitá lepenka



- důležité technické obalové papírové materiály: **vlnitá lepenka** a **kartonáž** z ní vyráběná
- vlnité lepenky mají řadu **výhodných** vlastností:
 - výborně **tlumí** nárazy a vibrace
 - jsou prostorově **stabilní**
 - mají dobrou **vzpěrovou** pevnost
 - lze je použít jak k **ochraně** produktů, tak k jejich **fixaci**
 - jsou plně **recyklovatelné**

Použití vlnité lepenky

- vlnité lepenky jsou v současné době nejčastěji používaným materiálem pro **přepravní balení**
- kolem **70 %** zboží je přepravováno právě v obalech z vlnité lepenky
- ochrana životního prostředí: **recyklovatelný** materiál, který lze přetvořit na **nové** obaly
- podíl **recyklované** vlnité lepenky je více než **85 %**
- podle **minimálních** odhadů je možné získanou vlákninu použít **čtyřikrát až pětkrát**

Obrovské možnosti využití vlnité lepenky



Historie vlnité lepenky

- 1856 Healey, Allen: **vložka** do klobouků



- 1871 Albert L. Jones: **zvlněný** papír

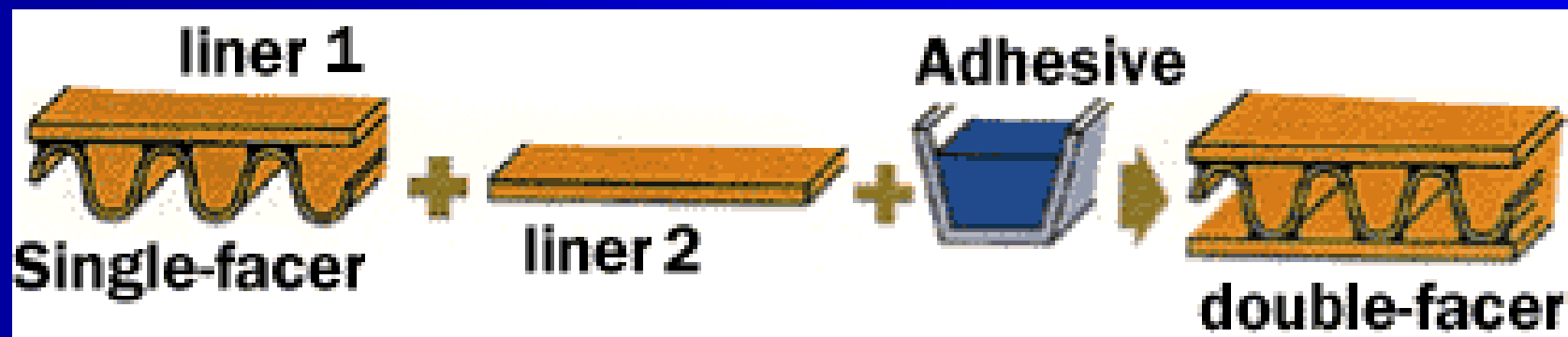


- 1874 Oliver Long: vlnitá **lepenka**



Technologie výroby vlnité lepenky

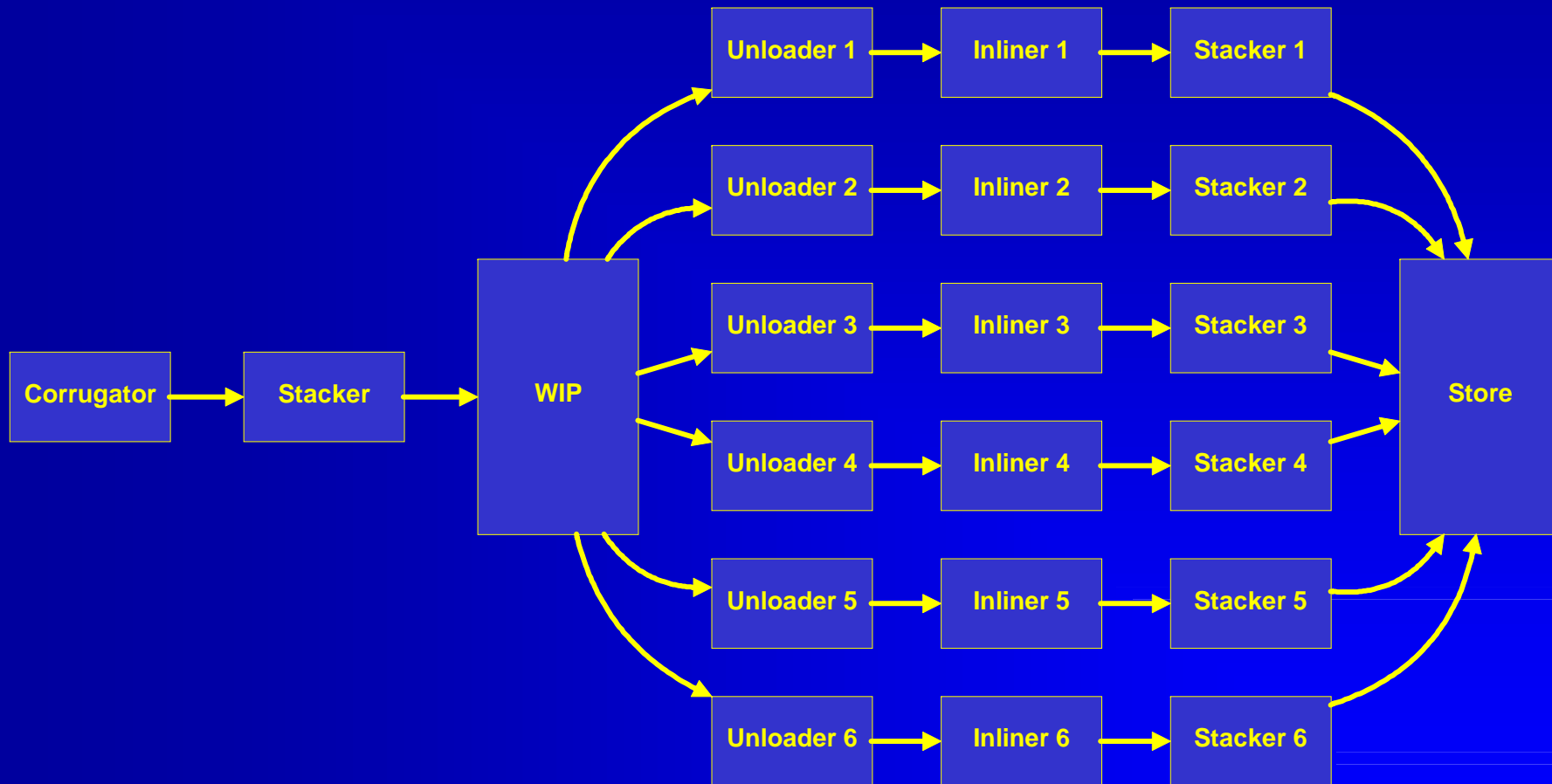
- **zvlňovací stroj: slepení** několika vrstev **hladkého** a **zvlněného** papíru
- do pracovních stolic zvlňovacího stroje se přivádějí dva pásy **hladkého** papíru
- jeden prochází mezi válci s vyfrézovanými podélnými drážkami, kde vznikne **zvlnění**
- po zvlnění provede **slepení** s druhou vrstvou



Požadavky na zvlněnou lepenku

- **kvalitní** vlnitá lepenka musí splňovat celou řadu požadavků:
 - pevnost v **tahu**, v **průtlaku** a v **průrazu**
 - **vzpěrová** pevnost, odolnost proti **oděru**
 - schopnost **vsáknout** lepidlo
 - dobrá **potiskovatelnost**
- vlnité lepenky se liší **počtem vrstev** (obvykle dvě až sedm vrstev) a **velikostí** zvlněné vrstvy, používané velikosti **vln** jsou A, B, C, E, F a některé **mikrovlny**, např. O.

Schéma výroby



Záměry výrobce

- **výrobce** zvlněné lepenky zamýšlí **zvýšit využití** zvlňovacího stroje:
 - zvlňovací stroj většinou pracuje pouze na **dvě** směny
 - plánuje zakoupit nový **výkonný** zpracovatelský stroj pro zpracování tabulí i **největších** rozměrů
 - jestliže se zvlňovací stroj převede do **třísměnného** režimu, požadavky na **současné dozrávání** tabulí lepenky mohou **přesáhnout kapacitu** skladu WIP
 - může docházet k **nežádoucím** neplánovaným **prostožům** zvlňovacího stroje a **snížení produktivity** linky

Parametry výroby

- **vlastnosti** výrobků ze zvlněné lepenky

<u>Výrobek</u>	<u>Délka tabule (m)</u>	<u>Šířka tabule (m)</u>	<u>Výrobní čas (min)</u>	<u>Počet tabulí na paletě</u>
1	0,255	0,505	0,0150	1 200
2	0,350	1,200	0,0100	1 200
3	0,500	1,600	0,0075	600
...

- **krátkodobý výrobní plán**

<u>Číslo zakázky</u>	<u>Typ výrobku</u>	<u>Počet palet</u>	<u>Číslo stroje</u>
1	4	20	1
2	1	10	1
3	5	5	1
...

Tvorba modelu výrobní linky I

1. papír ve zvlňovacím stroji je plně využit bez **odpadu**
2. **přeprava** tabulí lepenky mezi skladem a stroji je zahrnuta do pracovního **cyklu** stohovačů a vykladačů
3. podobné výrobky jsou **seskupeny** do **tříd**, třída je **reprezentována** nejvíce požadovaným výrobkem,
4. vlastnosti produktů: rozměry, počet tabulí na paletu, délka pracovního cyklu na zpracovatelském stroji,
5. výroba probíhá **sekvenčně** podle krátkodobého **plánu**, který se po dokončení **cyklicky** opakuje

Tvorba modelu výrobní linky II

6. **produkty** v rámci výrobního plánu jsou plně určeny číslem výrobní **zakázky**
7. požadovaná **množství** výrobků jsou stanovena tak, aby jejich **poměry** zhruba odpovídaly **dlouhodobé** produkci linky
8. výrobní plán obsahuje požadavky na výrobu 18 produktů, výroba některých produktů se může v rámci plánu **opakovat**
9. každý **produkt** má jednoznačně **přiřazen** **zpracovatelský** stroj

Simulační model I

- **model** výroby vlnitých lepenek obsahuje celkem **20 strojů**:
 - **zvlňovací stroj** (jednoduchý stroj)
 - **7 stohovačů** (montážní stroje)
 - **6 zpracovatelských strojů** (jednoduché stroje)
 - **6 vykladačů** (produkční stroje)
- **sklad** rozpracované výroby:
 - **20 uliček** (zásobníky s minimální dobou zpoždění), do kterých se ukládají palety
 - v každé uličce může být skladováno až **20 palet**

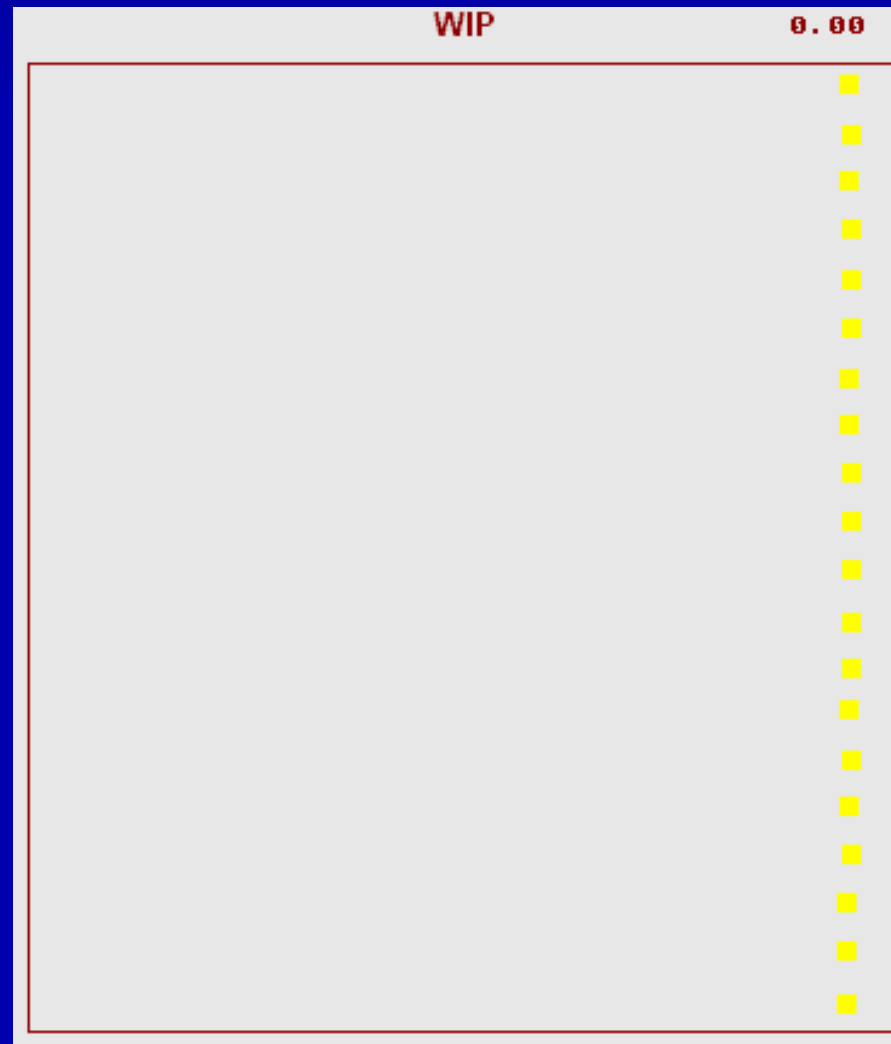
Simulační model II

- každá tabule lepenky nese **atribut**, ve kterém je uloženo číslo **zakázky**
- podle tohoto atributu lze kdykoliv zjistit **všechny údaje** popisující tabuli lepenky
- **vstupní** pravidlo pro vykladače:
MATCH/CONDITION(TInlinerNumber(AttrOrder)=1)
WIP #(1) OR WIP #(2) OR ...
- **vstupní** údaje jsou uloženy v **tabulkách** Excelu
- údaje potřebné pro simulaci se načítají během **inicializačních** akcí modelu

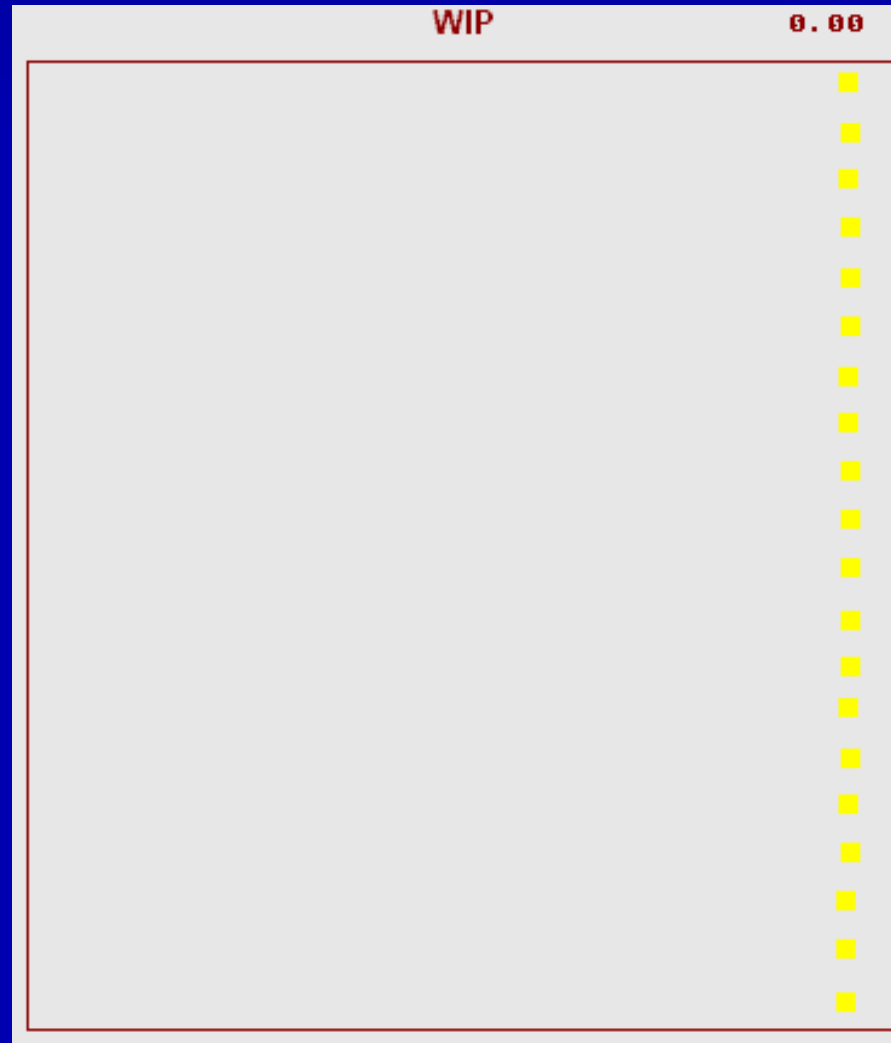
Strategie skladování palet

- tři strategie **skladování** palet ve skladu **WIP**:
 - **výběr** další uličky ve skladu po zaplnění
 - v uličce lze skladovat **jeden** nebo **více** výrobků
- strategie A je organizačně jednoduchá: **jediný** výrobek v uličce, nejbližší **prázdna** ulička
- strategie B: v uličce **různé** výrobky vyrobené hned za sebou, přechod na nejbližší **prázdnu** uličku
- strategie C: v uličkách lze skladovat **různé** výrobky, po zaplnění nejbližší ulička s **volnou** kapacitou

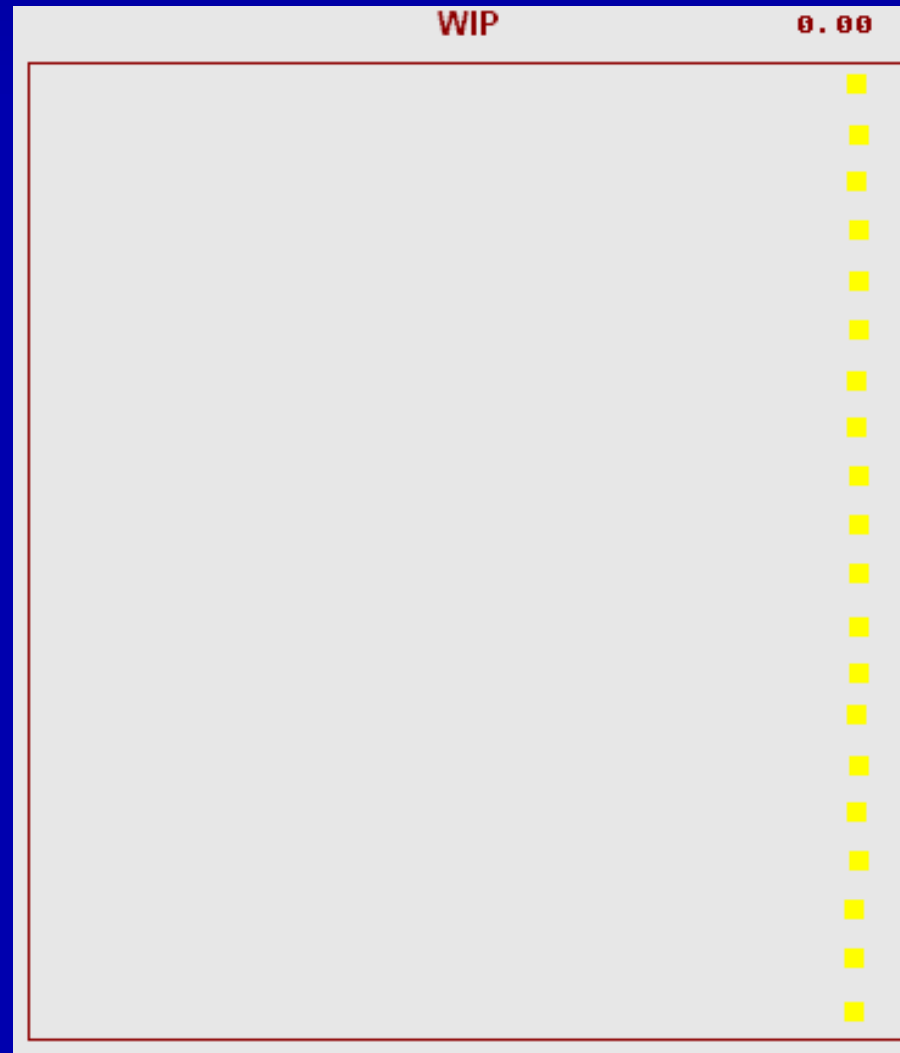
Varianta A



Varianta B



Varianta C



Výsledky simulace

- simulační experimenty ukázaly, že k **zablokování** skladu WIP dojde vždy bez ohledu na **směnný** režim **zvlňovacího** stroje a zvolenou **strategii skladování**

Strategie skladování	Počet směn zvlňovacího stroje	Čas zablokování skladu (min)	Obsazení skladu (%)	Počet palet ve skladu
A	3	1 444,09	66,75	267
B	3	1 934,74	70,75	283
C	3	4 058,29	100	400
A	2	4 079,85	72,5	290
B	2	5 025,96	69,5	278
C	2	10 954,26	100	400

Možnosti rozšíření modelu

- modelu je možné rozšířit tak, aby **sledované** kritérium nebyl jen **počet palet** ve skladu **WIP**, ale **obsazená** a **volná** plocha skladu
- jsou potřebné další údaje, minimálně:
 - celková **plocha** mezioperačního skladu **WIP**
 - **rozměry palet** pro přepravu konkrétních typů výrobků
 - **minimální rozměr uliček** ve skladu, kterými se zaváží palety určité velikosti

Závěry

- byl vytvořen simulační **model výroby a zpracování vlnité** lepenky
- cílem bylo získat informace, zda **skladovací kapacita mezioperačního** skladu bude **postačující**:
 - při **zvýšení** výkonu **zvlňovacího** stroje
 - při zakoupení dalšího výkonného **zpracovatelského** stroje
- simulační model umožňuje prověřovat různé **strategie ukládání palet** ve skladu **WIP**
- je možné jej **rozšířit** tak, aby se kapacita skladu přepočítávala podle **plošné rozlohy skladu** a podle geometrických **rozměrů** použitých **palet**

