



## THE CURRENTLY TRENDS IN PRODUCTION LOGISTIC

## MODERNÍ TRENDY V LOGISTICKÉM ŘÍZENÍ VÝROBY

Ivan GROS, Stanislava GROSOVÁ  
*Fakulta chemicko-inženýrská VŠCHT Praha,  
Ústav ekonomiky a řízení chemického a potravinářského průmyslu,  
Technická 5, 16628 Praha 6, Česká republika,*

### 1. INTRODUCTION

Manufacturing process planning and control systems in the recent period developed and applied is possible to rank in the group of methods called as „push“. From our view point their good function is unfortunately based on two main assumptions:

- production process results, customer demands of products, must be relative stable in time, amount and assortment and
- manufacturing process must be again relative stable.

Usage of the modifier „relative“ is trouble to specify, because in practice the individual manufacturing process needs the individual production conditions. On our own experiences bases management must be able to predict demands on production with the satisfactory exactness at least on one month forward and guarantee to carry out necessary changes in production planning again in the sufficient, at least weekly advance. Similarly the stability of the technological process we understand primarily the stationary technological operations time with minimum deviations, production machines dependability and low, or, as long as possible insignificant machines break-down. In such conditions are useful in last time criticized software products of MRP type still used and in the recent time newly in Czech Republic implemented. The management and control production process problem is concentrated in those conditions on the solution of the well-known contradiction between the batch size, the production process lead time, the production equipment utilization, the semi-product stock level and production costs - it's basis is obvious from fig.1.

### 1. ÚVOD

Systémy řízení výroby vyvíjené a aplikované ještě v nepříliš vzdálené době bylo možno zařadit do skupiny označované v poslední době jako „tlačné“. Jejich dobrá funkce je bohužel vázána na dva podle našeho názoru základní předpoklady:

- požadavky na výsledky výrobního procesu, výrobky, musí být relativně stabilní v čase, množství a sortimentu a
- vlastní výrobní proces musí být opět relativně ustálený.

Použití přívlastku „relativní“ je obtížně zpřesnitelné, protože prakticky co výrobní proces, to individuální výrobní podmínky. Přesto na základě našich zkušeností jde zhruba o to, aby bylo možno požadavky na výrobu předvídat s dostatečnou přesností alespoň na měsíc dopředu., aby nutné operativní změny bylo nutno realizovat opět s jistým, alespoň týdenním předstihem. Analogicky ustáleností technologického procesu rozumíme především stabilní trvání výrobních operací s minimálními výkyvy, spolehlivost obsluhy výrobních linek a nízkou, nebo pokud možno zanedbatelnou poruchovost výrobních zařízení. V takových podmínkách jsou dobře použitelné i v poslední době kritizované softwarové produkty typu MRP dosud používané a do nedávné doby dokonce nově implementované v ČR. Problematika operativního řízení výroby se soustřeďovala v takových podmínkách na řešení známého rozporu mezi velikostí výrobní dávky, průběžné doby výroby a využití výrobního zařízení, jehož podstata je zřejmá z obr. 1.

The main criterium of the contradiction between the batch size, the production process lead time, the production equipment utilization and the semiproduct stock level were production costs. The result of this procedure were relative great batch sizes with long production proces lead times. In production processes of A type (processes with big number of input raw materials, low number of final products with diferent technology and usage of universal equipment) come up very often situations in which before last operation were sufficient stocks of semi-products, but not complete – some components are missing. In classical MRP systems usage come up problems in simple production processes in the production plan design too, when we must respect lead times of customer orders. The simple capacity balance sheet without regardless of time disintegration is not sufficient. The backward scheduling method, which is based on sheduling from order deadline against technological operations sequence were done in first step without capacity restrincions. After this step was build the histogram of capacity requirements in time. The capacity requirements cumulation on individual workplaces, which exceeded bottleneck limited capacity was necessary to solve without software support by means of extraordinary steps.

Podrobnější diskuse naznačených vazeb je např. v <sup>(1)</sup> Ve vazbě na naši diskutovanou problematiku jen konstatujeme, že hlavním kriteriem řešení rozporů mezi velikostí dávky, výrobním cyklem a stavem zásob byly výrobní náklady. Důsledkem byly relativně velké výrobní dávky s dlouhým výrobním cyklem. To vedlo u výrob typu A k situacím, kdy před finální kompletací byly sice dostatečné, relativně vysoké stavy zásob, ale mnohdy nekompletní – některé komponenty chyběly. MRP systémy nedávají uspokojivé výsledky ani z dalších důvodů. Problémy nastávají i u jednoduchých výrobních procesů v okamžiku operativního rozpisu výrobních úkolů při respektování dodacích termínů jednotlivých objednávek. Prostá bilance kapacit bez ohledu na jejich časové rozložení totiž nestačí. Metoda **zpětného plánování**, která spočívala v kalendářním rozpisu každé objednávky od termínu plnění proti sledu výrobních operací, byla prováděna v první fázi bez respektování kapacitních omezení. Teprve následně byl sestaven histogram kapacitních nároků. Vzniklé kumulace kapacitních nároků na jednotlivých pracovištích překračujících na úzkých místech disponibilní kapacity bylo nutno řešit bez softwarové podpory přijímáním mimořádných opatření.

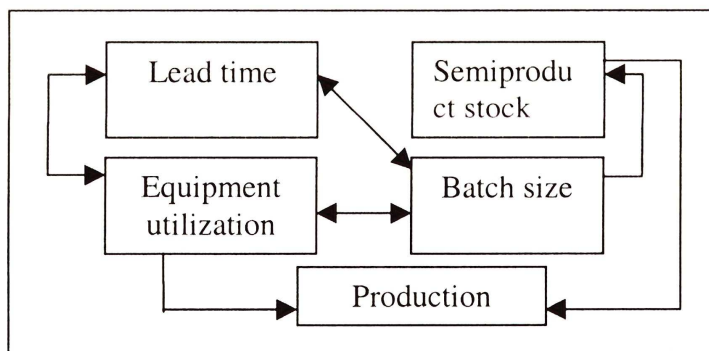


Figure 1 Basic relationships in the manufacturing process management  
Obr. 1. Základní vztahy v řízení výroby

In reaction on these drawbacks was the forward planning method implemented in MRP enviroment, in which are operations scheduled on working places immediately in time, were it is possible. The situation was improved, but in many events were necessary to lay aside individual operations on next time points. The result was the same as in the preceding procedure: order times were prolonged, stock level of semi-finished production became greater, the plan wasn't realistic.

The turbulent economic enviroment and world economy globalisation, leads from the individual manufacturers competition to the competition of global supply chains oriented on individual customers needs and creates very strong pressure

V reakci na tyto nedostatky, byly v prostředí MRP implementovány postupy **dopředného plánování**, kdy jsou rozepsané úkoly na pracoviště zařazovány do plánu okamžitě, jak je to možné. To sice vedlo ke zlepšení situace, ale bylo nutno v řadě případů odkládat jednotlivé operace nutné pro realizaci objednávek dalších časových termínů. Důsledky byly stejné, jako u předcházejícího postupu: prodlužovaly se termíny plnění objednávek, rostly zásoby nedokončené výroby, plán byl nereálný apod.

Turbulentní ekonomické prostředí a globalizace světové ekonomiky a s tím související razantní změny charakteru konkurence vedoucí od konkurence jednotlivých výrobců ke konkurenci celých zásobovacích řetězců zaměřených na plnění

an elastic customer services delivery. The simple solution by means of the high stock level of products is economically unacceptable, because the other important competitive factor in addition to perfect customer services is low production and distribution costs. From these reasons production is not protected of these pressures, the managers idyllic „on-stock production“ period is past. The problem of the present logistical manufacturing process management needs the basic manufacturing process management criteria exchange. The brief graphical interpretation of the new situation is on fig.2.

individuálních požadavků zákazníků, vytváří nebývalý tlak na pružnost v poskytování služeb zákazníkům. Jednoduché řešení problému přes vysoké stavy zásob výrobků není ekonomicky přijatelné, protože dalším výrazným konkurenčním faktorem jsou vedle perfektních služeb také co nejnižší výrobní a distribuční náklady. Z těchto důvodů už delší není výroba „hájena“ od těchto tlaků, idylické doby pro manažery výroby „výroby na sklad“ jsou minulostí. Celý problém současného logistického řízení výroby vyžaduje zcela změnit kriteria řízení výroby. Stručná grafická interpretace nové situace je na obr.2 (diskuse např. v<sup>(2)</sup>).

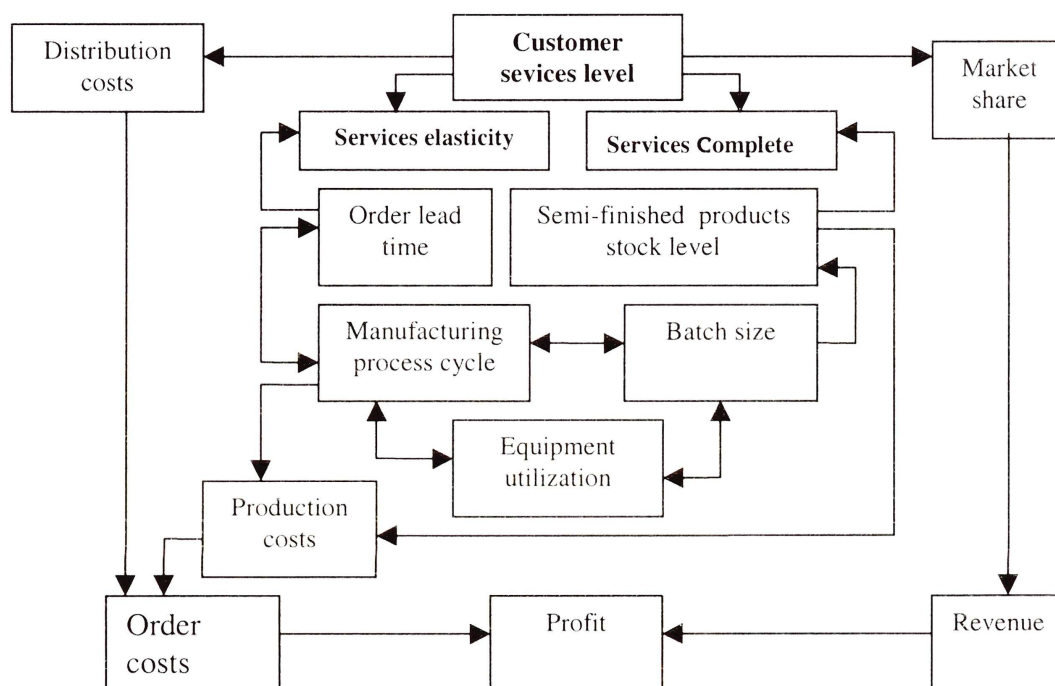


Fig. 2 New management manufacturing process needs  
Obr. č. 2 Nové požadavky na řízení výroby

Regardless many improvements of „push“ managerial methods is obvious, that MRP systems don't satisfy present production process management needs. The oldest reaction is usage of KANBAN production process management system, which may be included in group of systems based on JIT philosophy. It is sharply „pull“ system, which substitute classical the short time manufacturing process scheduling with self-regulation circuits on workplaces level. In the production process with the one-way material flow is manufacturing process delivered on connected sections, which transmit short time tasks connected with the particular customer order up the material flow direction. If are observed some rules as:

Přes postupná zlepšení, kterým došlo u tlačných metod řízení je zřejmé, že MRP systémy naprosto nevyhovují současným požadavkům na řízení výroby. Nejstarší reakcí na naznačené problémy, která má konečně i v ČR už několik úspěšných aplikací, je **KANBAN** systém řízení výroby, který lze bez nadsázky zařadit mezi systémy zapadající plně do filosofie JIT řízení firem. Jde o systém výrazně „tažný“, který v podstatě eliminuje klasické operativní rozpisy výrobních úkolů a nahrazuje je samoregulačními obvody operativního řízení na úrovni pracovišť. Podrobné srovnání tohoto systému se systémem MRP je opět v<sup>(1)</sup>. Ve výrobcích s pokud možno jednosměrným materiálovým tokem je výrobní proces rozdělen na na sebe navazující výrobní úseky, které si proti směru materiálového toku předávají operativní výrobní úkoly spojené s každou konkrétní objednávkou. Při dodržení jistých pravidel:

- each workplace order only amount, which is necessary for connected workplace task carry out and produce only required amount,
- give the task to connected workplace in planned deadline and in 100% quality,
- the workplace have to take over the required amount
- is impossible to produce something, what costumers don't need – logistically ideal situation!

Unfortunately the system is implemented only for some manufacturing processes. In addition to one-way material flow requirement is suitable when the material flow not to be branched, products customer demands be relative stable in time and structure. No problem is in this system lot number of the same type of products versions. Experiences with this system implementation show, that system must work with minimum batch size on workplaces – the workplace starts its activity, when number of ordered products on orders (cards - KANBAN's) reached minimum batch size:

- system effectiveness influence the problem number of cards determination, which amount present the size of semi-finished production,
- it is necessary careful workers training for new working conditions. Simulation games of real manufacturing process are in this field successful.

In Czech republic are several successful applications of KANBAN system in machine engineering and plastic products plants. Directly hit in manufacturing systems management development are APS (Advance Planning and Scheduling) systems based on Goldratt theory of constraints (OPT). The method, which fast implementation is represented as the successful plant function assumption in present economic conditions, is based on:

- dynamic manufacturing process bottlenecks identification,
- backward and forward planning system combination. Backward are planned tasks on noncritical operations or workplaces and forward on bottlenecks. Manufacturing process management is based on the „push“ principle on connecting working steps and on „pull“ principle on working steps which precede bottlenecks,
- all factors influence on effectiveness production tasks planning respecting, all capacity limitations, all order deadlines, semi-finished production stock amount limit etc.,

- každé pracoviště objedná jen tolik, kolik je třeba pro plnění úkolu od navazujícího pracoviště a vyrobí jen požadované množství
- úkol předá ve stanoveném termínu a ve 100% kvalitě navazujícímu pracovišti
- pracoviště musí převzít jen objednané množství
- se nemůže stát, že by bylo vyráběno něco, co by zákazníci nepožadovali – tedy logisticky ideální stav!

Bohužel ne vždy je tento systém implementovatelný. Vedle požadavku na jednosměrnost procesu, je vhodné, aby nedocházelo k přílišnému větvení materiálových toků (viz VAT analýza výrobních procesů), aby požadavky na množství výrobků a sortiment příliš nekolísaly. Závadou však není velké množství provedení stejných výrobků. (T modely výroby). Zkušenosti s implementací systému ukázaly, že systém musí pracovat opět s minimální velikostí dávky na jednotlivých pracovištích- práce je na pracovišti zahájena až v okamžiku, kdy počet požadovaných výrobků na objednávkách (kartách-KANBANECH) dosáhne velikosti dávky

- účinnost systému ovlivňuje problémem stanovení počtu karet, které představují ve svém souhrnu plánovaný stav zásob nedokončené výroby a
- nezanedbatelná je příprava pracovníků na práci v nových podmínkách. Osvědčily se simulační modelové sehračky průběhu reálných procesů.

Přímo hitem v oblasti rozvoje systémů řízení výroby jsou **APS** (Advance Planning and Scheduling) systémy opírající se myšlenkově o Goldrattovu teorii omezení (OPT), jejíž základní myšlenka je např. v <sup>(3)</sup>. Postup, jehož rychlé zavedení je označováno za nutný předpoklad úspěšné funkce podniku v současných podmínkách se opírá o

- dynamickou identifikaci úzkých míst ve výrobě,
- kombinaci zpětného a dopředného rozpisu plánu tak, že zpětně jsou rozepisovány úkoly na nekritické operace nebo výrobní stupně, dopředně na úzká místa. Vlastní řízení procesů je tedy postaveno na principu tlaku v navazujících stupních a tahu na stupních předcházejících úzkému místu
- respektování pokud možno všech faktorů ovlivňujících efektivní řazení výrobních úkolů, tedy všech kapacitních omezení, priorit v plnění objednávek, velikosti nedokončené výroby apod.

- the dynamic work with the manufacturing batch size and transport batch size to reach fluid material flow and
- safety stock semi-finished products usage before bottlenecks.

The successful application of APS system depends on

- suitable software product selection because market offer is very rich. Each of them is able to create the effective bill of labour with the various effectiveness and is suitable for the selected manufacturing process type,
- problem of the „effective bill of labour“ evaluation method determination. Fig. 2 clearly documents the total costs and revenue preference necessity, thus strong deviation from traditional maximum machines, workers etc. performance requirements,
- real-time plan stability. Never manufacturing process management and planning system isn't able successfully work in permanent short-term final products demand changes and
- consistent JIT principles implementation in the field of products design and construction – parts standardization, modular products structure.

With application of this system are in Czech republic few experiences, but may be observed, that this hopeful system is advantageous for A manufacturing process type

In last time are very often in theory and practice presented possibilities of the old and well-known manufacturing process simulation for production process management and control. This trend consider authors of this contribution as very prospective because on software market are offered products, which allow

- after relative short teach-in with product are able users to create in Windows environment visual simulation model and to verify its function,
- in short time realize sufficient number of simulation experiments,
- for experiments evaluation are disposed standard programs inclusive graphical outputs,
- standard optimization algorithm use, which evaluate assigned variants, or variants are automatically generated.
- Our concentration on the simulation method motivated us in first place the fact, that in all other designed production process management methods applications are problems in cases, when operation times are random. In simulation models stochastic values usage isn't problem.

- dynamické pojetí výrobních dávek a přepravních dávek tak, aby byl zajištěn plynulý tok materiálů procesem a
- využívání zásobníků nedokončené výroby před úzkými místy.

Úspěšnost zavádění systému APS, jehož cílem je odstranit problémy citované v souvislosti s metodou MRP, je závislá na řadě faktorů. Patří k nim

- Výběr vhodného softwarového produktu, kterých je nabízeno až několik desítek. Každý z nich je schopen realizovat efektivní rozvrh výrobních úkolů s různou mírou účinnosti a hodí se lépe pro vybrané **typy výrob**
- Problém stanovení **metod hodnocení** „efektivního rozvrhu“. Obr. 2. Jasně dokumentuje nutnost preference celkových nákladů a tržeb, tedy výrazný odklon od tradičních požadavků na maximální využití výkonu line, strojů, dělníků na pracovištích apod.
- Problém **jisté stability plánu**. Žádný systém plánování a řízení výroby nemůže úspěšně pracovat při trvalých krátkodobých změnách požadavků na finální výrobky.
- Výrazně pomáhá důsledné uplatňování principů na nichž je postavena JIT filosofie řízení v **oblasti vývoje a konstrukce výrobků** – standardizace dílů, modulární struktura výrobků

S aplikací metody je dosud v ČR málo zkušeností, ale lze konstatovat, že i tento nadějný a proklamovaný systém řízení výroby není samospatitelný a má jistá omezení. Prvé zkušenosti ukazují, že je např. výhodný zejména pro výroby typu A (výroby s vysokým počtem vstupů a nízkým počtem finálních výrobků)

Stále častěji jsou v teorii i praxi uváděny možnosti, které pro řízení výroby může přinést stará a známá **simulace výrobních procesů**. Tuto oblast, ke které se kolektiv pracovníků Ústavu ekonomiky a řízení VŠCHT vrací v současné době, považují autoři za další velmi perspektivní cestu zejména proto, že se podařilo odstranit hlavní překážku širokého využití simulačních modelů v praxi, kterou bylo obtížné využívání standardních programovacích jazyků pro tvorbu a experimentování s modely. Nové produkty, které jsou na trhu umožňují

- po relativně krátkém seznámení interaktivním způsobem v prostředí Windows sestavit vizualizovaný simulační model včetně ověření jeho funkce
- realizovat v krátké době dostatečný počet simulačních experimentů
- využívat pro vyhodnocování experimentu standardních balíčků programů včetně jejich přehledných grafických výstupů

Sufficient is knowledge of their distribution function.

For manufacturing process management is sufficient to built the model which described the material flow in the contolled production process. Procedure, which is necessary to adapt on the real modelled process, has several common steps:

- In the first step is necessary to formulate well the goal. In last applications oriented in operative manufacturing process management were used cases of two chemical batch production process models:
  - In first of them the main goal was creating of the tool for the short term schedule variants generation according to costumers demand and selection one of them, which guarantee maximal capacity utilization – factory isn't able in this time to supply customers demand,
  - In second was necessary to select the best product mix on limited bottleneck capacity. Criterium was maximal gross profit.
  - Goal formulation determine model rate of the detail and the scope. As the model scope we mean limits in which will the model move.
  - In first model was necessary very detailed the whole production process run describe up to individual apparatus, transport lines, manufacturing operations level, fig.3,
  - In second was sufficiet decomposition on integral production lines and connected bottlenecks (vacuum driers), fig.4
  - Variables definition is the next important step. Individual products customer demands come under input variables. Between nonaffected input variables come on the first place the random manufactuting operatins duration, for their quantification wide-ranging analysis was made. Between model parameters come in process constants used for plan variants evluation, for instance variable and fixed costs, market prices etc.
  - For succesfull model function is basic model function logic. For operative mangement purpose goes on materials flow conditions definition. For reactor was necessary input and output conditions define etc.
- využívat standardních optimalizačních algoritmů, které vyhodnocují zadané varianty, nebo je automaticky generují
- K soustředění pozornosti na simulace nás vedla především skutečnost, že všechny dosud vyvíjené metody řízení výroby se jen s obtížemi vyrovnávají se skutečností, kdy **trvání výrobních, manipulačních a jiných operací má náhodný charakter**. U simulačních modelů nečiní taková situace v podstatě žádné zvláštní problémy. Stačí znát jejich rozdělení pravděpodobností, která mohou být i empirická.
- Pro účely řízení výroby stačí sestavit simulační model popisující materiálové toky v řízené výrobě. Postup, který je třeba přizpůsobit reálným podmínkám modelované výroby má několik společných kroků:
- v prvním je třeba dobře **formulovat cíl**. V aplikacích zaměřených a operativní řízení výroby byly použity zatím dva modely várkové chemické výroby,
  - z nichž u prvního šlo o vytvoření nástroje pro generování variant rozpisu plánu podle zadaných požadavků zákazníků a výběr varianty, která zajistí maximální využití výrobní kapacity – výrobní v současné době nestačí uspokojit celkové požadavky zákazníků a
  - ve druhé pak o výběr nejlepšího výrobního mixu opět při omezené výrobní kapacitě úzkého místa. Kriteiem byla maximalizace hrubého rozpětí.
  - formulace cíle determinuje **míru podrobnosti a rámce modelu**. Rámcem modelu rozumíme meze, v nichž se bude model pohybovat. Zatímco
  - u prvního modelu bylo nutno popsat velmi podrobně průběh celého procesu až na úroveň jednotlivých aparátů, přepravních cest, výrobních operací, viz obr.3
  - u druhého stačila dekompozice na ucelené výrobní linky a navazující úzké místo (vakuovou sušárnu), viz obr.4
  - **Definice proměnných** je další významný krok. Mezi vstupní proměnné patřily především požadavky zákazníků na jednotlivé výrobky. Vstupními neovlivnitelnými proměnnými byla především náhodná trvání výrobních operací, pro jejichž kvantifikaci bylo provedeno rozsáhlé šetření. K parametrům modelu patřily charakteristiky procesu, používané pro vyhodnocování variant plánu, např. variabilní náklady fixní náklady, tržní ceny apod.
  - Pro dobrou funkci modelu je zásadní formulace **logiky funkce modelu**. Pro účely operativního řízení šlo zejména o definici podmínek za nichž vlastní tok materiálů probíhá. U reaktoru bylo třeba např. formulovat podmínky pro vstup a výstup apod.

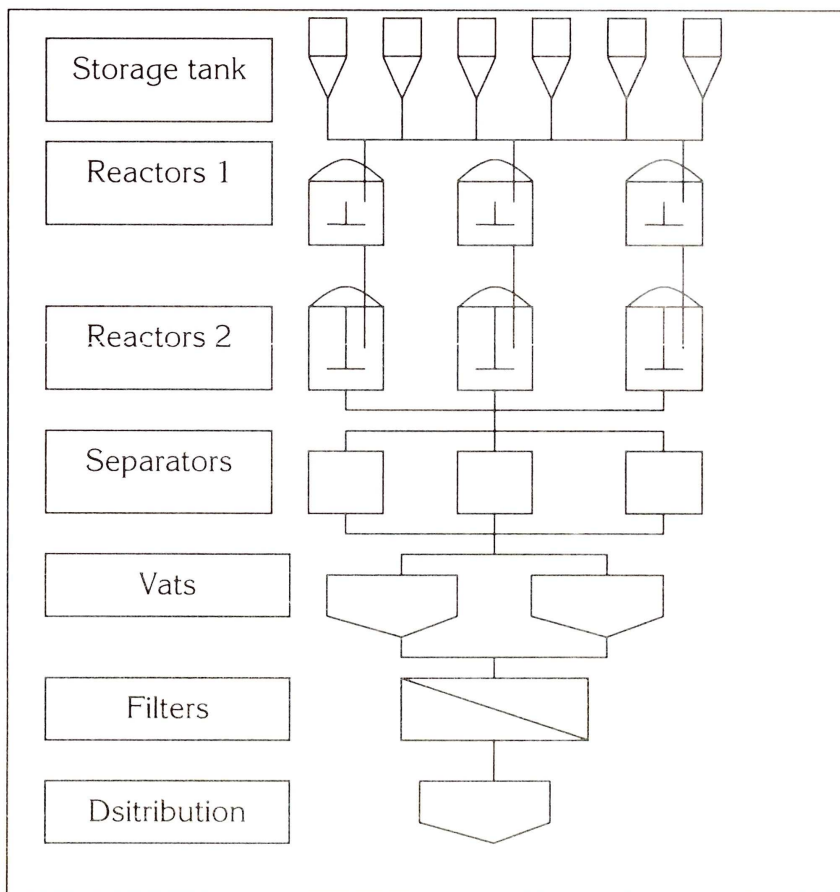


Fig.3 Alkyd and polyester resins manufacturing process  
 Obr.3 Schéma výroby alkydových a polyesterových pryskyřic

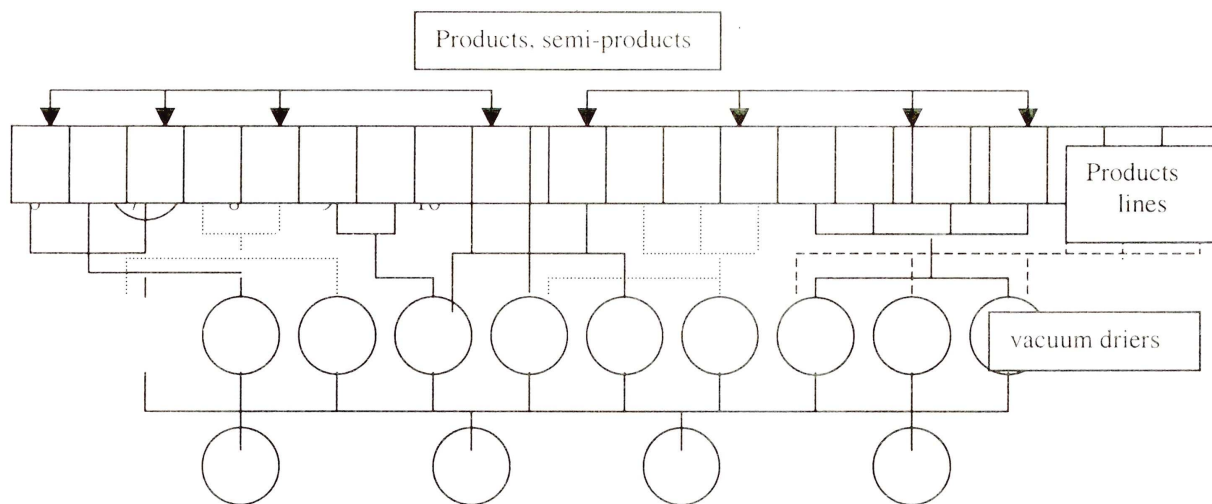


Fig.4 Colouring materials production process  
 Obr.4 Schéma výroby barviv

Designed models very accurately describe moduled manufacturing processes. The mistake between simulated and real results of the year 2000 not overlups in year production size 5%! After model function verification were with its help searched ways, how to intesify plant manufacturing capacity.

Sestavené modely velmi věrně popisovaly modelované výroby. Chyba mezi simulovaným rokem 2000 a skutečnými výsledky nepřesáhla u objemu produkce 5%! Po ověření funkce modelu byly s jeho pomocí hledány cesty, jak zvýšit výrobní kapacitu výroby. Byla nalezena úzká místa pro generované

Bottlenecks were found for generated production programs, improvement steps designed (for instance the operations time reduction) and again with the model help verified. In this time is step to step model implemented directly in planning process.

This contribution goal wasn't to criticize some and prefer other methods and algorithm for manufacturing process planing and management. Our effort was to pay attention on the fact, that centralized operative manufacturing process planing methods with the „push“ materials flow management don't satisfy contemporary requirements on elastic manufacturing process reaction on customer demands changes and share authors working place experiences in this field. The APS system implementation is as very expensive as basic software package for visual simulation. Such investment decision necessarily precede the analysis of possible obtainable effects. Several authors statement, that isn't any way, until to implement that products, isn't exact – more like goes on necessity of fundamentally change of existing manufacturing process planing and management system.

výrobní programy, navržena opatření (zkrácení operačních časů) a opět pomocí modelu ověřena. V současné době je postupně model implementován přímo do procesu přípravy operativního plánu.

Cílem stati není odsouzení některých a preferování jiných metod a algoritmů určených pro operativní plánování a řízení výroby. Naší snahou bylo upozornit na to, že centralizované metody operativního rozpisu plánu a následného tlačného řízení hmotných toků nevyhovuje současným požadavkům na pružnou reakci výroby na změny požadavků zákazníků a podělit se o zkušenosti pracoviště autora v této oblasti. Implementace APS systému jsou velmi drahá záležitost v mil. Kč stejně jako základní balík software pro simulace procesů (cca 1,5 mil.Kč). Rozhodnutí o takové investici by měla proto předcházet analýza možných dosažitelných efektů. Tvzení některých autorů, že prostě není jiná cesta, než implementovat takové produkty, není proto přesná – jde spíše o nutnost razantně změnit dosavadní systém řízení výroby.

#### REFERENCES / LITERATÚRA:

- [1] Dixon, L.: Just-In-Time II, The magazin of Total Supply Chain Management, 1999
- [2] Gros I.,: Ještě k logistickému řízení výroby, Logistika 6/2000, page 20, *Economia Prague* 2000
- [3] Goldratt, W.: KANBAN versus MRO II – Which is best for you?, *Modern Material Handling* – November 5, 1982