

PROIZVODNI MANAGEMENT



LABORATORIJ ZA MODELIRANJE,
SIMULACIJO IN VODENJE
LABORATORIJ ZA AVTONOMNE
MOBILNE SISTEME

predmet izbirnega modula študijskega
programa 2. stopnje smer
Avtomatika in informatika

izr. prof. dr. Gašper Mušič

Cilji izbirnega modula



LMSV
LAMS

- Predstavitev problematike vodenja naprednih tehnoloških sistemov
 - področje operativnega upravljanja proizvodnih procesov
 - industrijska informatika
 - metode inteligentnega vodenja
- Pridobitev osnovnih znanj o
 - upravljanju kompleksnih sistemov
 - planiranju v proizvodnji in logistiki
 - planiranju in vodenju projektov
 - uporabi metod umetne inteligence v vodenju
 - pametne naprave, stroji in sistemi

Pregled predmetov



- **Proizvodni management**
 - izvedbeno naravnani pogled na tehnike operativnega upravljanja
 - celovit pregled področja s poudarkom na načrtovalskih metodah in strategijah
- **Sistemska informatika in logistika**
 - navezava na Proizvodni management
 - podrobnejša obravnava izbranih vsebin
- **Seminar iz inteligentnega vodenja**
 - poglobljeno samostojno projektno delo



Vsebine predmetov - Proizvodni management



1. Uvod v operativno upravljanje proizvodnje
2. Sistemi za planiranje in vodenje proizvodnje
ERP, MRP II, MES
3. Kompleksni krmilni sistemi
načrtovanje, modularni pristopi, varnost
4. Kazalniki učinkovitosti
mere učinkovitosti, sistemi za merjenje učinkovitosti
5. Uporabniški vmesniki
SCADA, spletne tehnologije

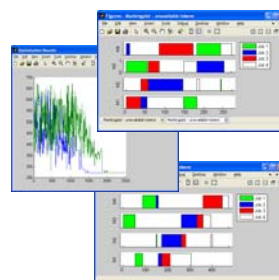


Vsebine predmetov

- Sistemska informatika in logistika



1. Uvod v proizvodno informatiko
2. Podatkovne baze
poizvedbe in obdelava podatkov (T-SQL)
3. Diskretno-dogodkovna simulacija
simulacijska orodja (SimEvents, Arena)
4. Planiranje in vodenje projektov
načela planiranja in vodenja projektov
ter pripadajoča programska orodja
5. Planiranje in razvrščanje opravil
diskretna optimizacija, uporaba inteligentnih metod
(hevrstične metode, genetski algoritmi)



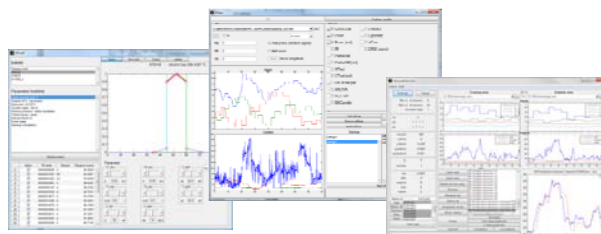
Vsebine predmetov

- Seminar: Inteligentno vodenje



Osnovni cilji predmeta

- Seminar združuje znanja strokovnih predmetov celotnega študija in omogoča študentu **poglobljeno samostojno projektno delo na različnih področjih.**



Način dela



- Predavanja
 - interaktivno delo, primeri uporabe programskih orodij
 - ponazoritev obravnavane snovi s praktičnimi primeri
- Vabljen predavanja
 - predstavnikov vodilnih slovenskih podjetij na področju avtomatike in industrijske informatike
 - tujih strokovnjakov
- Laboratorijske vaje
 - delo s programskimi orodji (SQL, MES, SCADA, SimEvents ...)
 - seminar v obliki raziskovalnih/projektnih nalog

Literatura



- W. J. Stevenson, Operations management, McGraw-Hill/Irwin, 2012
- R. B. Chase, F. R. Jacobs, N. J. Aquilano, Operations management for competitive advantage, McGraw-Hill/Irwin, 2006
- T. Ljubič, Planiranje in vodenje proizvodnje, Univerza v Mariboru, Fakulteta za organizacijske vede, 2000
- S. Strmčnik, R. Hanus, Đ. Juričić, R. Karba, Z. Marinšek, D. Murray-Smith, H. Verbruggen, B. Zupančič, Celostni pristop k računalniškemu vodenju procesov, 1. izdaja, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za elektrotehniko, 1998

Poudarki



- Uporabnost znanj vodenja in upravljanja
 - **sodobni proizvodni sistemi**
 - učinkovita raba energije
 - inteligentne zgradbe
 - avtonomne naprave in vozila
 - letalska in vesoljska tehnika
 - roboti



1. Uvod v operativno upravljanje proizvodnje



- Kaj je operativno upravljanje?
- Operativno upravljanje in proces odločanja
- zgodovinski razvoj operativnega upravljanja
- Operativno upravljanje danes
- Analiza in načrtovanje poslovnih procesov
- Operativno upravljanje proizvodnih procesov

1.1 Kaj je operativno upravljanje?



- Proizvodni management je različica t.i. operativnega managementa oz. upravljanja
 - različica, ki se nanaša na proizvodne organizacije
- Operativno upravljanje (Operations Management)

Obvladovanje sistemov ali procesov, ki ustvarjajo izdelke in/ali nudijo storitve

Pomembno vpliva na konkurenčnost

Pomen operativnega upravljanja



- Ne glede na splošno stanje ekonomije je zagotavljanje izdelkov ali storitev podjetja na najbolj učinkovit način kritično za njegovo preživetje
- V osnovi gre pri operativnem upravljanju za opravljanje vsakodnevnega dela hitro, učinkovito, brez napak in z majhnimi stroški
- Poleg zagotavljanja, da procesi pravilno potekajo, pomaga operativno upravljanje podjetjem izboljšati storitve kupcem in zniževati stroške

Tematika operativnega upravljanja



- Upravljanje proizvodnih virov
 - Načrtovanje in vodenje sistemov za učinkovito izrabo
 - surovin
 - človeških virov
 - opreme
 - prostorov
- pri ustvarjanju izdelkov in nudenju storitev

Uspešnost in učinkovitost operacij



- Učinkovitost – Efficiency
 - pomeni opravljanje nečesa z najnižjim možnimi stroški
 - cilj učinkovitega procesa je proizvajati izdelek ali nuditi storitev z najmanjšim vložkom virov
- Uspešnost – Effectiveness
 - pomeni početi prave stvari z vidika ustvarjanja čim večje vrednosti – v smislu razmerja med kakovostjo in ceno
 - pogosto sta si maksimiranje uspešnosti in učinkovitosti v nasprotju; primer so npr. blagajne v trgovini ali okenca v banki:
 - učinkovitost – čim manj zaposlenih ljudi
 - uspešnost – stranke naj bi čim manj časa čakale v vrsti

Odločitve operativnega upravljanja



- **Strateške (dolgoročne) odločitve**
 - Kako bomo izdelovali? Kje bodo proizvodne zmogljivosti? Kakšne kapacitete potrebujemo?
 - te odločitve postanejo fiksni pogoji oz. omejitve, s katerimi mora podjetje obratovati v srednje- in kratkoročnem obdobju
- **Taktične (srednjeročne) odločitve**
 - Koliko delavcev potrebujemo? Kdaj jih potrebujemo? Ali delamo nadure ali uvedemo novo izmeno? Kdaj naj bo material dostavljen? Ali potrebujemo zalogo končnih izdelkov?
- **Operativne planske odločitve in odločitve vodenja**
 - Kaj se bo izdelovalo danes ali ta teden? Komu dodelimo planirane naloge? Katera opravila imajo prioriteto?

Obseg operativnega upravljanja

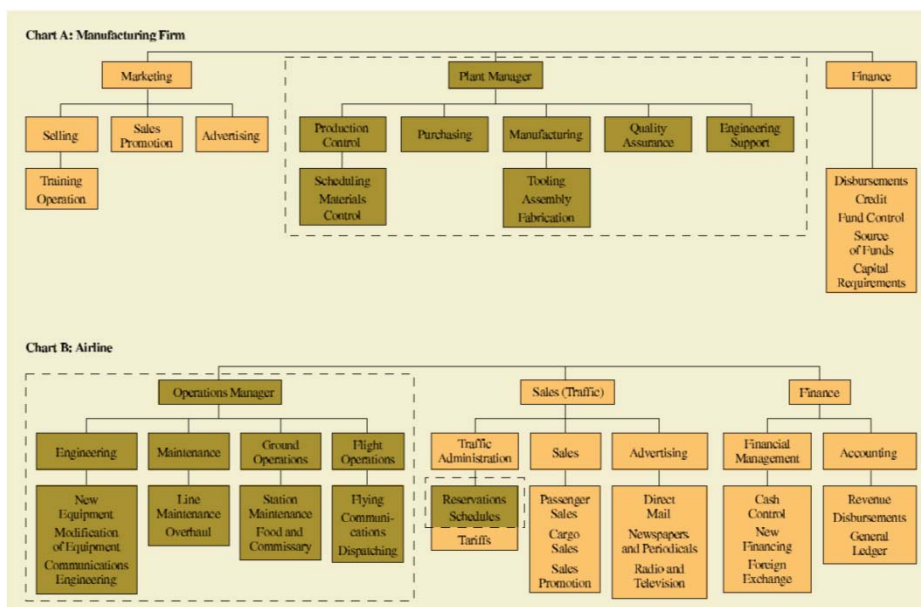
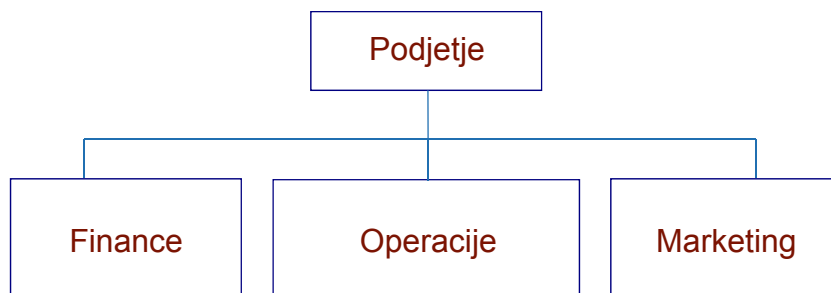


- **Operativno upravljanje vključuje:**
 - Napovedovanje - Forecasting
 - Planiranje zmogljivosti - Capacity planning
 - Razvrščanje - Scheduling
 - Upravljanje zalog - Managing inventories
 - Zagotavljanje kakovosti – Quality Assurance
 - Motivacija zaposlenih
 - Odločanje o lokaciji proizvodnih zmogljivosti
 - Upravljanje dobavnih verig
 - in drugo . . .

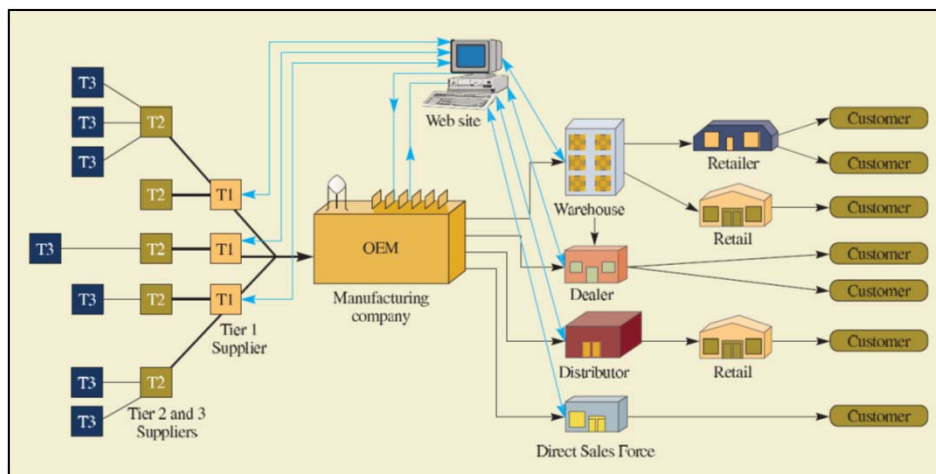


Organizacija podjetja

- Osnovne funkcije podjetja



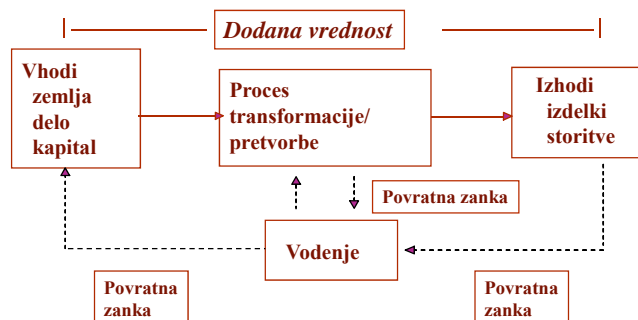
Širši pogled – dobavne verige



Proces dodane vrednosti



- Operativne funkcije podjetja vključujejo pretvorbo vhodov (vložkov) v izhode (rezultate)
- Pri transformaciji nastaja dodana vrednost
 - razlika med ceno vložkov in ceno ali vrednostjo rezultatov



Transformacijski procesi



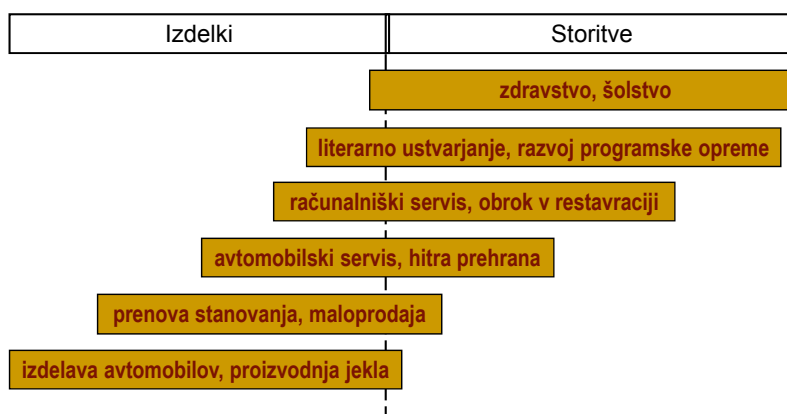
- Delitev transformacijskih procesov:
 - Fizični (proizvodnja)
 - Lokacija (transport)
 - Menjava (trgovina)
 - Hramba (skladiščenje)
 - Fiziološki (zdravstvo)
 - Informacijski (telekomunikacije)
- Različni tipi procesov se ne izključujejo

Transformacijski procesi



Sistem	Primarni vhodi	Viri	Primarna transformacijska funkcija	Značilni zeleni izhod
Bolnišnica	Pacienti	Zdravniki, sestre, medicinska oprema, zdravila	Procesi zdravljenja (fiziološki)	Zdravi posamezniki
Restavracija	Stranke	Hrana, kuhar, strežno osebje, prostor	Pripravljena in postrežena hrana (fizični in menjava)	Zadovoljne stranke
Tovarna avtomobilov	Pločevina, motorni deli	Orodja, oprema, delavci	Izdelava in sestavljanje avtomobilov (fizični)	Kvalitetni avtomobili
Univerza	Dijaki	Profesorji, učbeniki, predavalnice	Posredovanje znanja in spretnosti (informacijski)	Izobraženi posamezniki
Prodajalna	Kupci	Izložbe, zaloge, prodajalci	Privabljanje kupcev, promocija izdelkov, izdaja blaga (menjava)	Prodaja zadovoljnim kupcem
Distribucijski center	Skladiščeni artikli	Skladiščna mesta, podajalniki	Skladiščenje in razpošiljanje (hramba, menjava)	Hitra dostava, razpoložljivost artiklov
Letalski prevoznik	Potniki	Letala, posadke, sistemi za prodajo vozovnic	Prevoz do cilja (lokacija)	Pravočasen in varen prevoz do cilja

Prepletanje proizvodnih in storitvenih dejavnosti



Primeri transformacijskih procesov – prehrambna industrija



Vhodi	Procesiranje	Izhodi
surova zelenjava	čiščenje	konzervirana zelenjava
pločevina	izdelava konzerv	
voda	rezanje	
energija	kuhanje	
delo	pakiranje	
prostor	označevanje	
oprema		

Primeri transformacijskih procesov – bolnišnični proces



Vhodi	Procesiranje	Izhodi
zdravniki, sestre bolnišnica zdravila, material oprema laboratoriji	pregledovanje kirurgija spremljanje zdravljenje terapija	zdravi posamezniki

Proizvodna ali servisna dejavnost



Primerjava proizvodne in servisne dejavnosti



- Proizvodnja izdelkov – stvarni rezultat
- Nudenje storitev – dejanje
- Storitvene kategorije
 - Uprava
 - Prodaja na veliko/na drobno
 - Finančne storitve
 - Zdravstvo
 - Osebne storitve
 - Poslovne storitve
 - Izobraževanje

Ključne razlike



1. Stik s stranko
2. Uniformnost vhodov
3. Vložek neposrednega dela
4. Uniformnost izhodov
5. Merjenje produktivnosti
6. Izvedba in rezultat
7. Zagotavljanje kakovosti
8. Količina zaloge
9. Vrednotenje dela
10. Možnost patentne zaščite

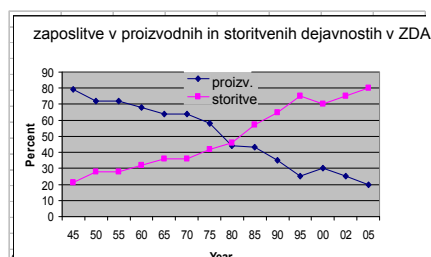
Primerjava proizvodne in servisne dejavnosti

Značilnost	Proizv.	Storitev
Stik s stranko	-	+
Uniformnost vhodov	+	-
Vložek neposrednega dela	-	+
Uniformnost izhodov	+	-
Rezultat	Stvaren	Nestvaren
Merjenje produktivnosti	Lahko	Težko
Možnost popraviljanja	+	-
Količina zaloge	Veliko	Malo
Vrednotenje	Lahko	Težko
Patentiranje	Pogosto	Redko

Upad zaposlitev v proizvodnji



- Produktivnost
 - Povečanje produktivnosti omogoča podjetjem vzdrževanje ali povečevanje proizvodnje z manj delavci
- Zunanje izvajanje (Outsourcing)
 - del proizvodnih opravil je smiselno prepustiti bolj produktivnim podjetjem



Zakaj je proizvodnja pomembna?



- Še vedno znaten delež zaposlitev v proizvodnji dejavnosti
- Pomemben del izvoza
- V razvitih ekonomijah so proizvodni delavci v povprečju bolje plačani
- Večji del razvoja in raziskav je vezan na proizvodne dejavnosti
- Izguba delovnega mesta v proizvodnji posledično povzroči izgubo več mest v servisnih dejavnostih

1.2 Operativno upravljanje in proces odločanja



- Modeli
- Kvantitativni pristopi
- Analiza kompromisov
- Sistemski pristop
- Določanje prioritet
- Etika

Ključne odločitve pri operativnem upravljanju



- Kaj?
Kateri viri/v kakšnih količinah
- Kdaj?
Potrebno/planirano/naročeno
- Kje?
se bo opravljalo delo
- Kako?
bo načrtan izdelek
- Kdo?
bo opravil delo

Odločanje



- Načrtovanje sistemov
 - zmogljivost
 - lokacija
 - organizacija oddelkov
 - načrtovanje izdelkov in storitev
 - nabava in vgradnja opreme
- Delovanje sistemov
 - osebje
 - zaloge
 - razvrščanje opravil
 - vodenje projektov
 - zagotavljanje kakovosti

Modeli

- Model je abstrakcija realnosti
 - fizični
 - shematski
 - matematični



Kakšne so prednosti in slabosti modelov?

Prednosti modelov

- Enostavni za rabo, poceni
- Od uporabnika zahtevajo, da se organizira
- Povečajo razumevanje problema
- Omogočajo preverbe tipa "kaj če"
- Konsistentno orodje za vrednotenje in standardiziran format
- Moč matematične analize



Omejitve modelov



- Kvantitativne informacije so lahko bolj poudarjene kot kvalitativne
- Modele lahko napačno uporabimo in narobe interpretiramo rezultate
- Nekvalificirani uporabniki pogosto ne razumejo, kako uporabiti model
- Uporaba modelov ne zagotavlja dobrih odločitev

Kvantitativni pristopi



- Linearno programiranje
- Tehnike strežnih sistemov
- Modeli zalog
- Projektni modeli
- Statistični modeli

Analiza kompromisov

- Primer: odločanje o količini zalog
 - Povečani stroški skladiščenja zalog

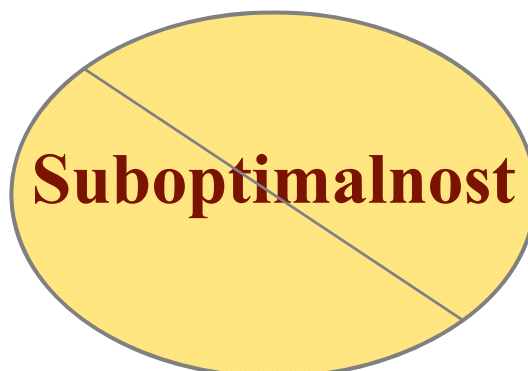


- Nivo storitev uporabnikom



Sistemski pristop

“Celota je več kot zgolj vsota sestavnih delov”



Pareto odločitveno načelo



- Nekaj vplivnih faktorjev povzroča znaten delež pojavljanj določenega dogodka (ali več le-teh)
- Pravilo 80/20 - 80% problemov povzroča 20% aktivnosti

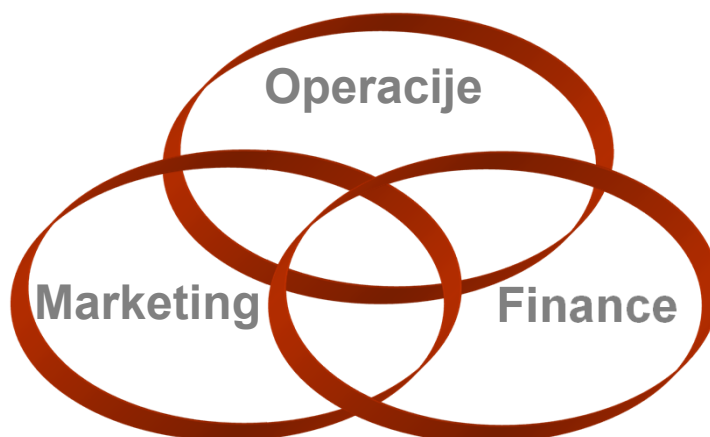
Kako identificiramo ključne faktorje?

Etični vidiki



- Finančno poročanje
- Varnost delavcev
- Varnost izdelkov
- Kakovost
- Okolje
- Lokalna skupnost
- Najemanje/odpuščanje delavcev
- Zapiranje obratov
- Delavske pravice

Preplet poslovnih funkcij



Povezave operativnega upravljanja



1.3 Zgodovinski razvoj operativnega upravljanja



- Industrijska revolucija (1770's)
- Znanost upravljanja (managementa) (1911)
 - Masovna proizvodnja
 - Izmenljivi deli
 - Delitev dela
- Človeški vidiki in dejavniki (1920-60)
- Odločitveni modeli (1915, 1960-70's)
- Vpliv Japonskih proizvajalcev
- Upravljanje dobavnih verig
- e-poslovanje, zunanje izvajanje

Podrobnejši pregled



Približni čas	Prispevek/koncept	Avtor
1776	Delitev dela	Adam Smith
1790	Izmenljivi deli	Eli Whitney in drugi
1911	Znanstveni principi upravljanja	Frederick W. Taylor
1911	Študija gibanja, industrijska psihologija	Frank B. Gilbreth in Lilian Gilbreth
1912	Diagram razvrstitve opravil	Henry L. Gantt
1913	Tekoči trak	Henry Ford
1915	Matematični model naročanja materiala	F.W. Harris
1930	Študije motivacije delavcev	Elton Mayo
1935	Statistični postopki vzorčenja in kontrole kakovosti	H.F. Dodge, H.G. Roming, W. Shewhart, L.H.C. Tippett
1940	Vojaška uporaba operacijskih raziskav	več skupin

Podrobnejši pregled



Približni čas	Prispevek/koncept	Avtor
1947	Linearno programiranje (metoda simpleksov)	G.B. Dantzig
1951	Komercialni digitalni računalniki	Sperry Univac, IBM
1950-	Avtomatizacija	mnogi
1960-	Razvoj kvantitativnih orodij	mnogi
1960-	Industrijska dinamika	Jay Forrester
1975	Proizvodne strategije	W Skinner
1980-	Fleksibilna proizvodnja, JIT, vitka proizvodnja	T. Ohno, S. Shingo, Toyota
1980-	Zagotavljanje kakovosti	W. Edwards Deming, J. Juran, K. Ishikawa
1990-	Internet, upravljanje dobavnih verig	mnogi
2000-	Ponudniki storitev, zunanje izvajanje	mnogi

1.4 Operativno upravljanje danes



- Trendi
 - Internet, e-commerce, e-business
 - Tehnologija upravljanja
 - Globalizacija
 - Upravljanje dobavnih verig
 - Zunanje izvajanje
 - Gibka proizvodnja (Agility)
 - Upoštevanje etičnih načel

Tehnologija upravljanja



- Tehnologija:
 - uporaba znanstvenih dognanja pri razvoju in izpopolnjevanju proizvodnje in storitev
- Tehnologija produktov in storitev
 - komercializacija raziskovalnih in inženirskih dosežkov
- Tehnologija procesov
 - postopki izvajanja in vodenja procesov
- Informacijska tehnologija
 - informacijska podpora operacijam, sledenje, arhiviranje, e-storitve ...

Dobavne verige



Dobavna veriga: sistem, katerega sestavni deli vključujejo dobavitelje materiala, proizvodne zmogljivosti, distribucijo in stranke povezane skupaj preko materialnih tokov v smeri naprej in preko informacijskih tokov v povratni smeri

Primer: Dobavna veriga kruha



Stopnja v proizvodnji	Dodana vrednost	Vrednost produkta
Žito je pridelano in požeto	0.15	0.15
Žito je transportirano v mlin	0.08	0.23
Mlin zmelje žito v moko	0.15	0.38
Moka je transportirana v pekarno	0.08	0.46
Pekarna speče kruh	0.54	1.00
Kruh je transportiran v trgovino	0.08	1.08
Trgovina prodaja kruh	0.21	1.29
Skupna dodana vrednost	1.29	

Upravljanje dobavnih verig



- Dva dela: planiranje in izvajanje
- Proces planiranja
 - napoved potreb, simulacija zalog, učinkovita distribucija, transport, planiranje proizvodnje in razvrščanje opravil
- Proces izvajanja
 - nabava, proizvodnja in distribucijo izdelkov v celotni verigi
- Podprocesi upravljanja dobavne verige
 - načrtovanje povpraševanja za učinkovito načrtovanje tržnega povpraševanja
 - načrtovanje dobave za optimalno razporejanje virov v skladu s povpraševanjem
 - izvedba naročil za učinkovito izpolnitev povpraševanja

Drugi trendi

- Etično vedenje
- Operacijska strategija
 - povezovanje s poslovno strategijo
- Zniževanje porabe virov
 - Kontrola stroškov in povečevanje produktivnosti
- „Revenue management“
 - kontrola povpraševanja s prilagajanjem cen
- Analiza in izboljševanje procesov in kakovosti
 - Six-Sigma
- Agilna, vitka proizvodnja



1.5 Analiza in načrtovanje poslovnih procesov

- Proces
 - katerikoli del podjetja, ki sprejema vhode in jih transformira v izhode
 - ne nujno tehnološki proces
- Načrtovanje procesov je ključno za uspešno poslovanje
 - osnova je razumevanje procesov
 - pomen opredelitve namena analize
- Povezava kakovosti in učinkovitosti
 - popravljanje zmanjšuje učinkovitost



Vrednotenje proizvodne učinkovitosti



- Dva vidika
 - področje operativnega upravljanje oz. vodenja proizvodnje
 - zagotavljanje planiranih rezultatov proizvodnje ter čim bolj učinkovita organizacija proizvodnje pri danih virih in tehnologiji
 - učinkovitost obravnava s tehničnega vidika
 - nanaša se na kakovost, zaloge, produktivnost, izkoriščenost kapacitet
 - mikroekonomska teorija
 - obravnava problem učinkovitosti proizvodnje s stroškovnega vidika
 - proizvodna in stroškovna funkcija

Produktivnost



- Uveljavljeno merilo
 - kaže, kako dobro neka enota izrablja razpoložljive vire
 - osnova spremljanja učinka operacij
- Osnova merjenja produktivnosti

$$produktivnost = \frac{izhodi}{vhodi}$$

- viri (vložki oz. inputi) proizvodnega procesa vključujejo
 - osebje, delovno opremo, material, denarna sredstva in čas
- vire lahko opredelimo tudi drugače
 - vložki, ki se v proizvodnem procesu preoblikujejo (material, informacije, energija)
 - vložki, ki pri tem preoblikovanju sodelujejo (oprema in osebje)

Produktivnost



- Relativna mera – vedno smiselna šele v primerjavi z neko referenčno vrednostjo
 - primerjava podjetja z drugimi podobnimi
 - primerjava podružnic istega podjetja
 - primerjava po obdobjih
- Analiza produktivnosti
 - ekonometrično ocenjevanje povprečnih modelov
 - številski indeksi produktivnosti, npr. TFP (Total Factor Productivity)
 - metoda podatkovnih ovojníc (Data Envelopment Analysis – DEA)
 - stohastična analiza mejne funkcije (Stochastic Frontier Analysis – SFA)

Različice produktivnosti



- Parcialna produktivnost
 - razmerje rezultata (izhoda) z eno vrsto vložka (vhoda)
 - primeri:

$$\frac{\text{proizvod}}{\text{količina dela}}, \quad \frac{\text{proizvod}}{\text{kapital}}, \quad \frac{\text{proizvod}}{\text{material}}, \quad \frac{\text{proizvod}}{\text{energija}}$$
- Celostni faktor produktivnosti
 - razmerje neto izhoda z vsoto vložkov dela in kapitala
 - neto izhod imenujemo tudi izhod z dodano vrednostjo
 - material tu ni upoštevan, zato ta mera produktivnosti največkrat ni primerna za proizvodnjo materialnih dobrin

Različice produktivnosti



- Celostna produktivnost
 - razmerje skupnega izhoda z vsoto vseh faktorjev vložka
 - celostna mera, ki upošteva skupen in hkraten vpliv vseh vhodnih virov na rezultat, torej človeškega dela, materiala, strojev, kapitala, energije ipd.
- Večfaktorska produktivnost
 - sorodna celostni produktivnosti
 - ravno tako upošteva več vhodnih faktorjev, ne pa nujno vse
 - primeri večfaktorske produktivnosti:

$$\frac{\textit{proizvod}}{\textit{količina dela + kapital + energija}}, \quad \frac{\textit{proizvod}}{\textit{količina dela + kapital + material}}$$

Različice produktivnosti



- Splošni celostni indeks produktivnosti
 - indeks celostne produktivnosti pomnožen z indeksom nesnovnih dejavnikov
 - najbolj splošna mera produktivnosti, ki lahko vključuje poljubne za podjetje relevantne faktorje, od kvalitete proizvodov in procesov do pravočasnosti, tržnega deleža ipd.



Primer

Proizvodni podatki (v €)		Produktivnost
Izhodi		Celostna
dokončani izdelki	10.000	$\frac{\text{skupni rez.}}{\text{skupni vložek}} = \frac{13.500}{15.193} = 0.89$
izdelki v delu	2.500	
dividende	1.000	Večfaktorska
obveznice		
drugi prilivi		$\frac{\text{skupni rez.}}{\text{delo} + \text{material}} = \frac{13.500}{3.153} = 4.28$
Skupni rezultat	13.500	
Vhodi		$\frac{\text{dokon. izdelki}}{\text{delo} + \text{material}} = \frac{10.000}{3.153} = 3.17$
delo	3.000	
material	153	Parcialna produktivnost
kapital	10.000	
energija	540	$\frac{\text{skupni rez.}}{\text{energija}} = \frac{13.500}{540} = 25$
drugi stroški	1.500	
Skupni vložek	15.193	$\frac{\text{dokon. izdelki}}{\text{energija}} = \frac{10.000}{540} = 18.52$



Proizvodna funkcija

- Osnovni analitični inštrument ekonomske analize proizvodnje
 - izraža odvisnost med proizvodom (količino produktov oz. izhodom) in angažiranimi proizvodnimi dejavniki (vložki oz. vhomom)
 - funkcija v primeru več proizvodov upošteva agregiran proizvod, tu obravnavano le situacijo, ko je rezultat proizvodnje ena sama vrsta proizvodov
- Proizvodna funkcija se ne nanaša na rezultat ekonomskih odločitev
 - je privzeta tehnološka relacija, ki sloni na trenutni ravni tehnološkega znanja

Proizvodna funkcija

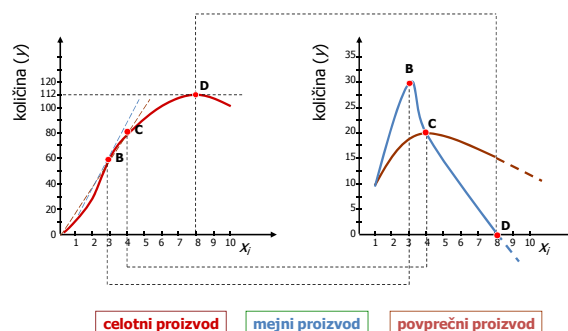


- Privzamemo, da je proizvodni proces tehnično maksimalno učinkovit
 - osredotočamo se na alokativno učinkovitost in gospodarnost obsega
- Proizvodna funkcija določa maksimalni proizvod pri določeni kombinaciji proizvodnih dejavnikov
 - parcialna proizvodna funkcija
 - nanaša se le na posamezen proizvodni dejavnik
 - skupna (totalna) proizvodna funkcija
 - upošteva vse proizvodne dejavnike

Proizvodna funkcija



- Celotni, mejni in povprečni proizvod
 - total product, marginal product, average product



predpostavimo en proizvod in en variabilni proizvodni dejavnik (druge dejavnike fiksiramo)

vir: Feldin A., *Mikroekonomija*, Spletna učilnica FMF, <http://ucilnica.fmf.uni-lj.si>

Proizvodna funkcija



- Krivulja mejnega proizvoda ilustrira zakon o *padajočem mejnem fizičnem donosu*
 - če dodajamo enake količine spremenljivega dejavnika pri stalni količini vseh drugih proizvodnih dejavnikov, začne mejni proizvod spremenljivega dejavnika po določeni točki padati
- Krivulja povprečnega proizvoda
 - pove, da v začetnem delu krivulje proizvodnje ni učinkovito, ker fiksne kapacitete niso izrabljene
 - področje učinkovitega proizvodnje je med točkama C in D, torej med maksimumom povprečnega proizvoda in maksimumom celotnega proizvoda

Stroškovna funkcija

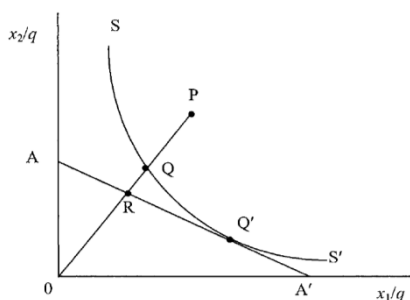


- Komplementarna proizvodni funkciji
- Izraža povezavo med stroški in količino proizvoda
 - stroški so pri tem opredeljeni kot denarno izraženi potroški proizvodnih dejavnikov
 - stalni stroški – vezani na proizvodno tehnologijo
 - spremenljivi stroški – spreminjajo se z obsegom proizvodnje
- Stroškovne in proizvodne funkcije so povezane preko porabe proizvodnih dejavnikov
 - koordinatni osi zamenjamo
 - abscisna os stroškovne funkcije predstavlja količino proizvoda, ordinatna pa spremenljive stroške
 - (kratkoročna) stroškovna funkcija je po obliki inverzna proizvodni funkciji

Povezava proizvodne in stroškovne funkcije



- Izokvante
 - krivulje enakega obsega proizvodnje v odvisnosti od angažiranih dejavnikov
- Zanima nas razpored vložkov pri fiksnem obsegu proizvodnje – strateško planiranje proizvodnje



Tehnična neučinkovitost: $TI=QP/OP$

Tehnična učinkovitost: $TE=OQ/OP$

AA' - linija konstantnih stroškov

stroškovno učinkovita proizvodnja:

pri dani količini proizvoda: Q,

pri danem razmerju dejavnikov: R

Alokacijska učinkovitost: $AE=OR/OQ$.

Skupna stroškovna učinkovitost:

$CE=TE*AE=OR/OP$

Uporaba optimizacije



- Kadar optimiramo en cilj ter lahko kriterijsko funkcijo in omejitve izrazimo linearno, uporabimo linearno programiranje

maksimiziramo (minimiziramo)

$$Z = C_1X_1 + C_2X_2 + \dots + C_nX_n$$

ob omejitvah

$$A_{11}X_1 + A_{12}X_2 + \dots + A_{1n}X_n \leq B_1$$

$$A_{21}X_1 + A_{22}X_2 + \dots + A_{2n}X_n \leq B_2$$

⋮

⋮

$$A_{m1}X_1 + A_{m2}X_2 + \dots + A_{mn}X_n \leq B_m$$

A_i, B_i, C_i so konstante,
v omejitvah pa lahko
uporabimo tudi = oz. \geq

Primer



- Podjetje proizvaja dva izdelka, H in C
 - vsak kos H prinese 2 € dobička, vsak kos C pa 4 €
 - za izdelavo H je potrebno 4 h dela na stroju M1 in 2 h na stroju M2
 - za izdelavo C je potrebno 6 h dela na stroju M1, 6 h na stroju M2 ter 1 h na stroju M3
 - stroj M1 ima 120 h prostih kapacitet na dan, stroj M2 72 h in stroj M3 10 h

- Koliko izdelkov H in koliko izdelkov C je smiselno proizvajati, če želimo maksimirati dobiček?

Primer



- Formulacija problema

maksimiziramo

$$Z = 2H + 4C$$

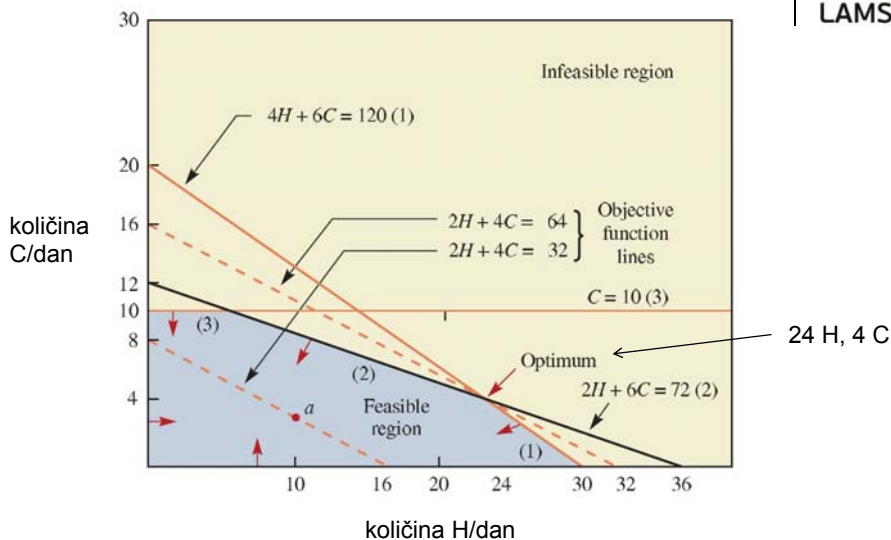
ob omejitvah

$$\begin{array}{ll} 4H + 6C \leq 120 & \text{omejitev stroja M1} \\ 2H + 6C \leq 72 & \text{omejitev stroja M2} \\ C \leq 10 & \text{omejitev stroja M3} \end{array}$$

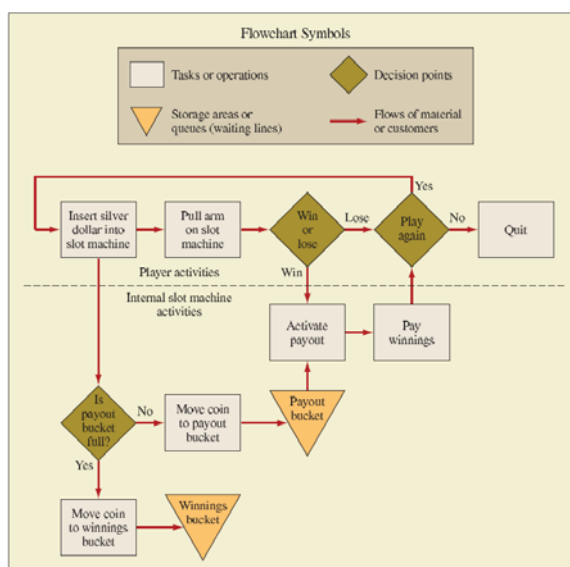
$$H, C \geq 0$$



Primer



Diagrami poteka procesov





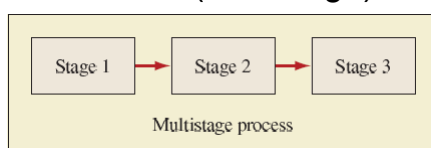
Osnovna analiza

- Čas cikla – Cycle time
 - povprečni čas med zaključkom ponavljajočih se opravil
- Izkoriščenost – Utilization
 - razmerje med časom, ko je vir aktiviran in časom, ko je na voljo
- Primer: primerjava dveh igralnih avtomatov
 - predpostavka: izplačilo 95% vložka
 - prvi avtomat: v povprečju 1 € kovanec na 15 s, 240 € na uro – v povprečju izgubimo 100 € v 8,3 urah
 - drugi avtomat: v povprečju kovanec na 10 s, 360 € na uro – v povprečju izgubimo 100 € v 5,5 urah
 - pri polovični izkoriščenosti je dohodek od prvega 144 €/dan, drugega 216 €/dan

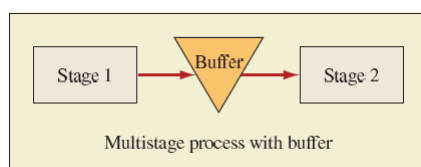


Delitev procesov

- Enofazni, večfazni (multistage)



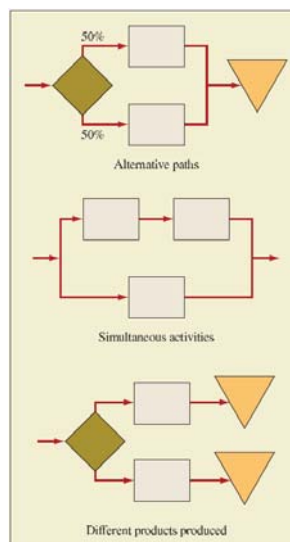
- izravnalniki (vmesna skladišča)



- preprečujejo *blokiranje* in *stradanje* faz v procesu
- pojav *ozkih grl* (bottleneck)

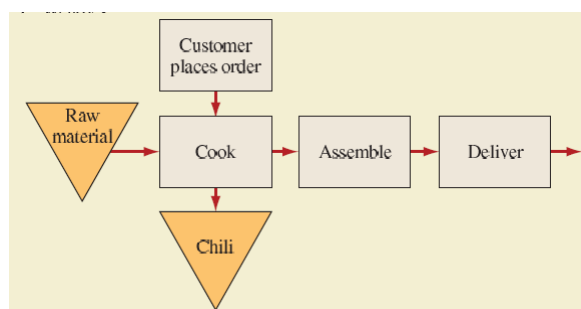
Delitev procesov

- Paralelni procesi
 - vzporedno izvajanje aktivnosti, faz ali celih procesov
 - skupen zalogovnik, če je izhod identičen, sicer ločeno
 - povečanje zmogljivosti



Delitev procesov

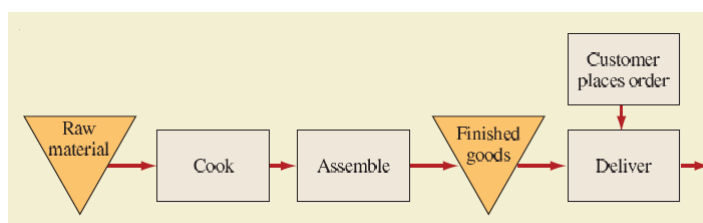
- Izdelava po naročilu, izdelava na zalogo
 - izdelava po naročilu
 - proces se aktivira ob dejanskem naročilu
 - minimalne zaloge, načeloma počasen odziv



Delitev procesov



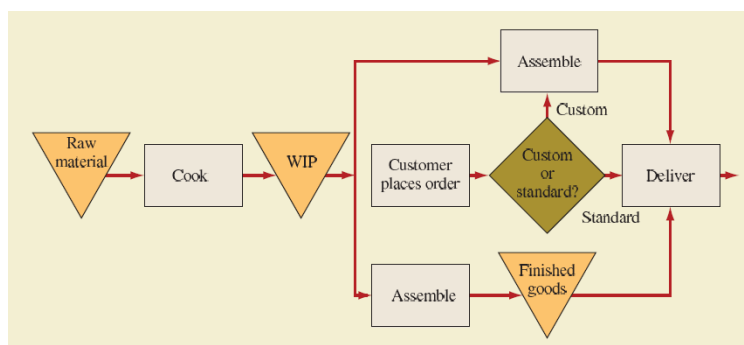
- Izdelava po naročilu, izdelava na zalogo
 - izdelava na zalogo
 - standardni produkti, ki jih je možno hitro dobaviti
 - proces se aktivira glede na stanje zaloge



Delitev procesov



- Izdelava po naročilu, izdelava na zalogo
 - hibridni proces
 - proizvodnja po naročilu in vzdrževanje dodatne zaloge standardnih produktov v obdobju večjega povpraševanja



Merjenje učinka procesov



- Nekaterere mere
 - čas prehoda (throughput time)
 - čas ko je bil izdelek bodisi v obdelavi bodisi na čakanju
 - povezan s časom cikla
 - npr. linija 6 postaj s časom cikla 30 s:
 - čas prehoda je 3 min
 - prepustnost (throughput rate)
 - količina izdelkov na časovno enoto
 - inverzna vrednost časa cikla
 - npr. linija 6 postaj s časom cikla 30 s:
 - prepustnost je 120 izdelkov/uro (2 izdelka/min)

Little-ov zakon

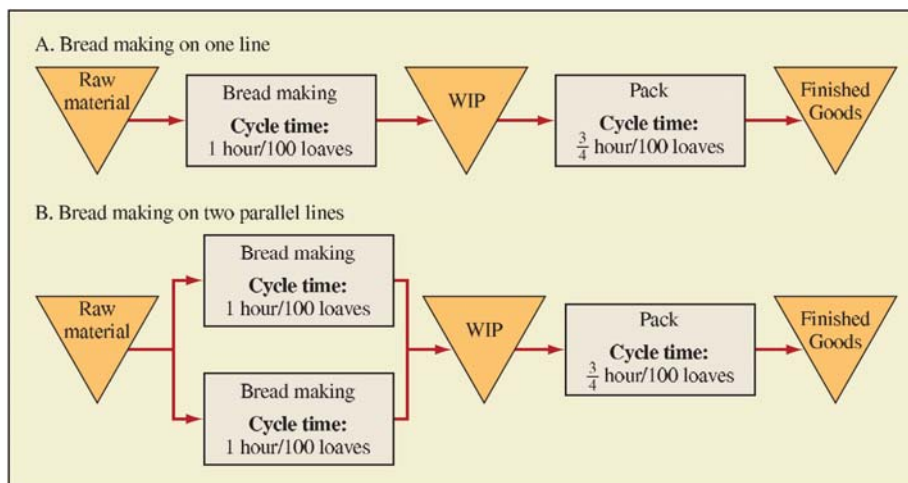


- Zveza med prepustnostjo, časom prehoda in medprocesno zalogo (work-in-process – WIP)

$$\text{čas prehoda} = \frac{\text{medprocesna zaloga}}{\text{prepustnost}}$$

- zakon velja za povprečne mere v določenem obdobju
- zakon velja za procese v ustaljenem stanju
 - v povprečju sta materialni vhod in izhod procesa enaka
- npr. linija 6 postaj s časom cikla 30 s:
 - čas prehoda je 3 min
 - prepustnost je 120 izdelkov/uro (2 izdelka/min)
 - medprocesna zaloga je 6 izdelkov (1 izdelek na postajo)

Primer



Primer



- Za primer B rešimo problem ozkega grla pakiranja z uvedbo nove izmene
 - peka poteka v dveh 8 urnih izmenah
 - pakiranje poteka v treh 8 urnih izmenah
- Vprašanje: Kolikšen je čas prehoda?
 - rešitev: potrebno je upoštevati čakanje v medprocesni zalogi
 - uporabimo Little-ov zakon
 - povprečna zaloga je 533,33 kosov (v 16 urah peke naraste do 1066,66 kosov, nato pade na 0)
 - zaradi pakiranja je prepustnost 133,3 kosa/h
 - povprečen čas čakanja je $600/133,3 = 4$ h
 - povprečni skupni čas prehoda je $1 \text{ h} + 4 \text{ h} + 0,75 \text{ h} = 5,75 \text{ h}$

Proizvodni procesi – glede na tehnologijo



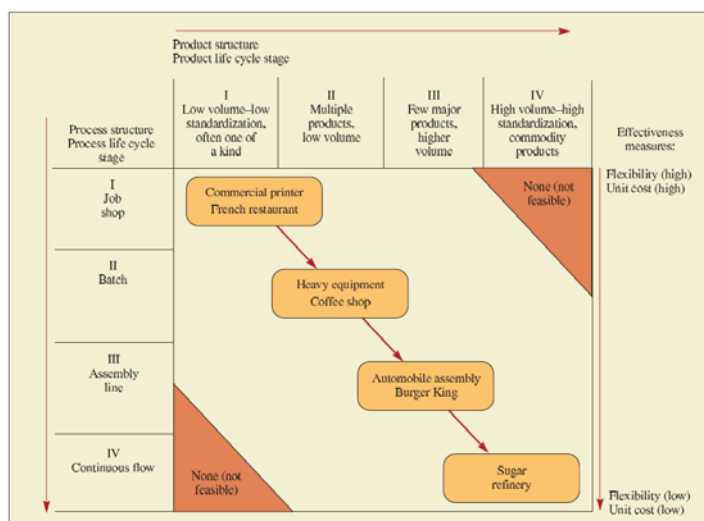
- Izdelovalni procesi
 - izdelava produkta iz vhodnih materialov
- Preoblikovalni procesi
 - sprememba oblike vhodnega materiala
 - npr. izdelava avtomobilskih karoserijskih delov iz pločevine
- Sestavljalni procesi
 - sestavljanje polizdelkov, polnjenje, pakiranje ipd.

Proizvodni procesi – glede na tok materiala



- Procesi posamične obdelave (job shop)
 - izdelava majhnih količin raznolikih izdelkov
 - različna zaporedja operacij
- Šaržni procesi
 - standardizirana izdelava določenega nabora izdelkov
 - izdelava v periodičnih šaržah
- Sestavljalne linije
 - izdelava izdelkov od postaje do postaje
- Zvezni procesi
 - tok materiala
 - neprekinjena proizvodnja

Procesi in proizvodne količine



Izboljševanje kakovosti



- Potrebno je vzdrževati želen nivo kakovosti produkta ali storitve
 - povečanje prilivov zaradi kakovostnejših produktov
 - zmanjšanje stroškov, ki jih povzročajo nepravilni izdelki
 - doseganje združljivosti sestavnih delov
 - optimiranje kakovosti glede na ceno
 - ustvarjanje zaupanja v blagovno znamko
 - nadzor variabilnosti med izdelavo
- Sistematično upravljanje faktorjev, ki vplivajo na kakovost – sistem zagotavljanja kakovosti
 - zahteva ustrezno usmerjeno delovanje celega podjetja
 - Total Quality Management – TQM

Sistem Six-Sigma

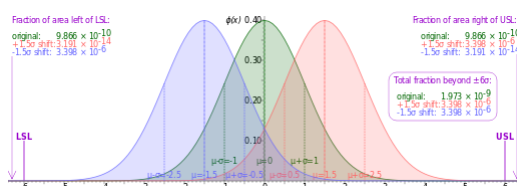


- Osnova
 - spremljanje števila napak/okvar v procesu
 - evidentiranje ukrepov za odpravo napak
 - približevanje ničelni stopnji napak
 - kvaliteta Six-Sigma pomeni, da se v povprečju pojavi največ 3,4 napak na milijon možnosti napak
- Ključni koncepti
 - kaj je kritično – najpomembnejše lastnosti za uporabnika
 - napaka – vsaka z željami uporabnika neskladna dobava
 - zmožnost procesa – kaj lahko proces doseže
 - stabilno izvajanje – zagotavljanje predvidljivega procesa
 - načrtovanje izdelkov – v skladu z željami uporabnika in zmožnostjo procesa

Razlaga pojma Six-sigma



- Če zagotovimo razmik 6 standardnih deviacij (6σ) med povprečjem procesa in najbližjo tolerančno mejo, bodo le redki izdelki neustrezni
- Realno je vsak proces variabilen, zato je empirično predpostavljena variabilnost $1,5\sigma$
- Upoštevamo razmik $4,5\sigma$, kar pomeni 3,4 ppm izven



Kakovost Six-Sigma



- Podatki
 - izdelane enote – izdelki ali izvedene storitve
 - napaka – vsak kos ali dogodek, ki ne ustreza zahtevam
 - možnost napake – vsaka možnost, kjer lahko pride do napake

$$DPMO = \frac{\text{število napak}}{\text{število možnosti napak} \cdot \text{število enot}} \cdot 10^6 < 3.4$$

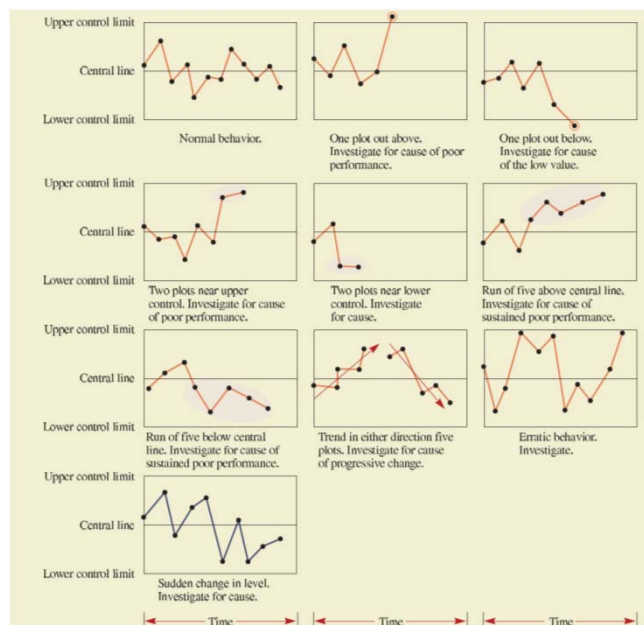
DPMO – defects per million opportunities

Analitična orodja



- Diagrami poteka
 - definicija procesa
- Grafi izvajanja
 - tipično prikazujejo mediano procesa, omogočajo ocenjevanje obsega problema
- Pareto-grafi
 - omogočajo ovrednotenje prispevka različnih faktorjev k problemu
- Formularji za standardizirano zbiranje podatkov
- Vzročno-posledični diagrami
 - hipotetične povezave med potencialnimi vzroki in problemi
- „Opportunity-flow-diagram“
 - ločevanje korakov v procesu, ki prispevajo k dodani vrednosti
- Grafi statističnega spremljanja kakovosti – Statistical Process Control (SPC)
 - prikazujejo statistične parametre v odvisnosti od časa in njihove meje

Uporaba grafov SPC



p-graf

- prikazuje relativno število napak v vzorcu in zahtevane meje

$$\bar{p} = \frac{\text{skupno število napak vseh vzorcev}}{\text{število vzorcev} \cdot \text{velikost vzorca}}$$

povprečni delež napak v vzorcu

$$s_p = \sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}}, \text{ predpostavljena je binomska porazdelitev}$$

standardni odklon

$$UCL = \bar{p} + z s_p, \text{ zgornja kontrolna meja}$$

$$LCL = \bar{p} - z s_p, \text{ spodnja kontrolna meja}$$

z je odvisen od izbranega intervala zaupanja, tipično je 3 (99,7 % interval), 2,58 (99 % interval) ali 1,96 (95 % interval)



Primer



Vzorec	Velikost vzorca	Napake	Vzorec	Velikost vzorca	Napake
1	100	4	9	100	4
2	100	3	10	100	2
3	100	5	11	100	7
4	100	0	12	100	2
5	100	2	13	100	1
6	100	8	14	100	3
7	100	1	15	100	1
8	100	3			

$$\bar{p} = \frac{46}{15 \cdot 100} = 0.0307$$

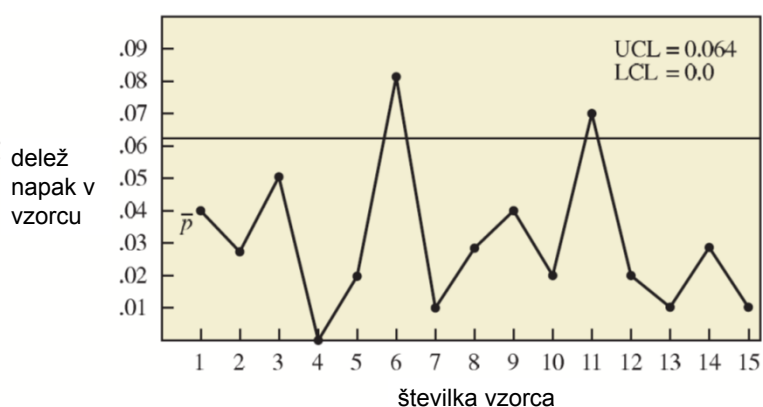
$$s_p = \sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}} = \sqrt{\frac{0.0307(1-0.0307)}{100}} = 0.017$$

$$UCL = \bar{p} + 1.96s_p = 0.064, 95\% \text{ interval}$$

$$LCL = \bar{p} - 1.96s_p = -0.00232 \text{ oz. } 0$$

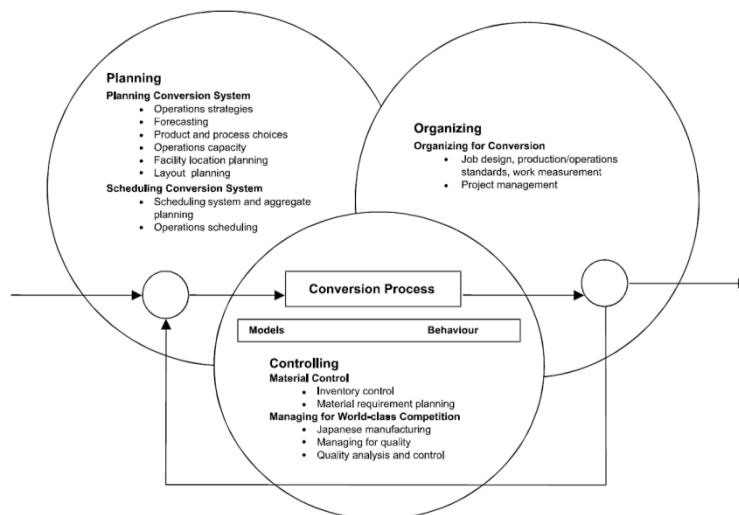
delež napak v vzorcu mora biti med 0 in 0.064

Graf



od 15 vzorcev sta 2 izven intervala zaupanja, 95 % interval ustreza 1 od 20, kar pomeni, da je v danem primeru variabilnost previsoka

1.6 Operativno upravljanje proizvodnih procesov



Standard IEC 62264 (ISA-95)

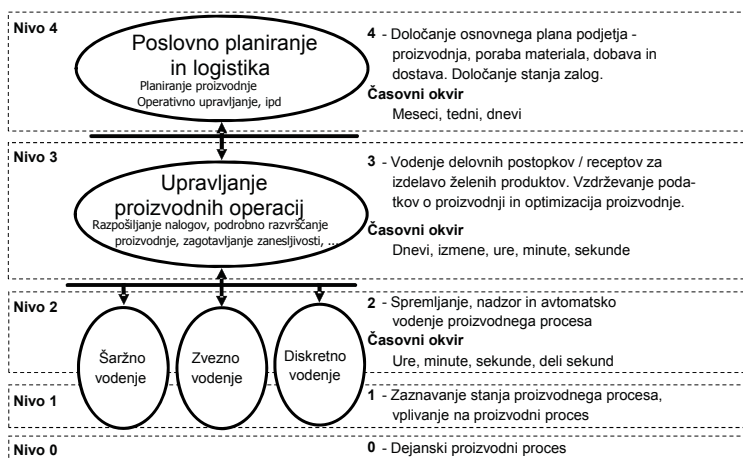


- Enterprise-control system integration
- Več delov:
 - IEC 62264-1 – Part 1: Models and terminology
 - IEC 62264-2 – Part 2: Object model attributes
 - IEC 62264-3 – Part 3: Activity models of manufacturing operations management
 - v pripravi:
 - IEC 62264-4 – Part 4: Objects and attributes for manufacturing operations management integration
 - IEC 62264-5 – Part 5: Business to manufacturing transactions

Standard IEC 62264 (ISA-95)



- Enterprise-control system integration

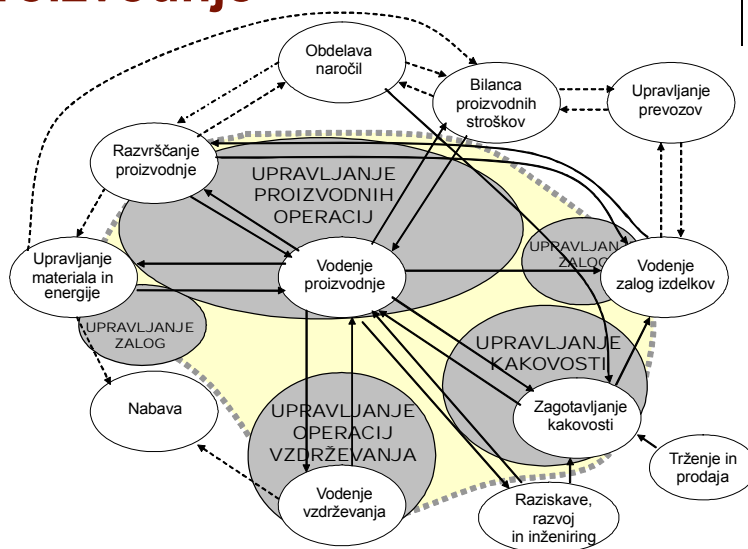


IEC 62264 in vodenje proizvodnje

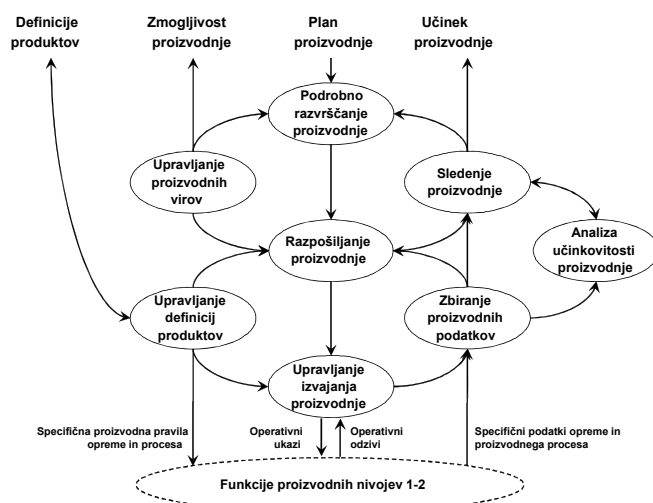


- Vodenje proizvodnje se vključuje v aktivnosti tretjega nivoja, pri čemer so aktivnosti tega nivoja še podrobneje razgrajene v štiri skupine
 - Upravljanje proizvodnih operacij (Production operations management)
 - Upravljanje zalog (Inventory operations management)
 - Upravljanje kakovosti (Quality operations management)
 - Upravljanje vzdrževanja (Maintenance operations management)

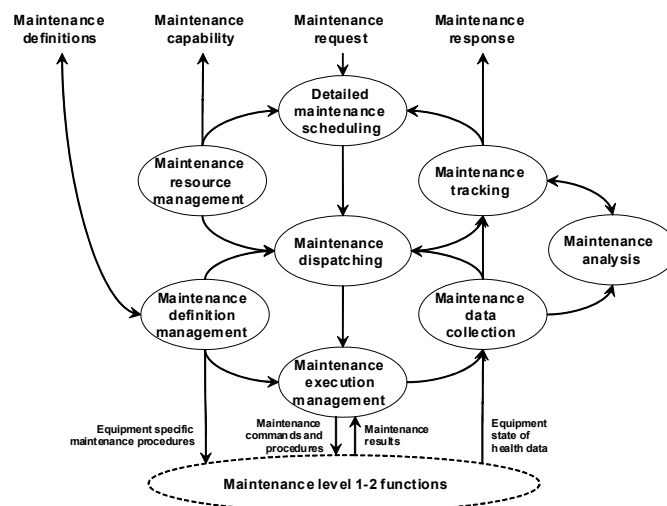
IEC 62264 in vodenje proizvodnje



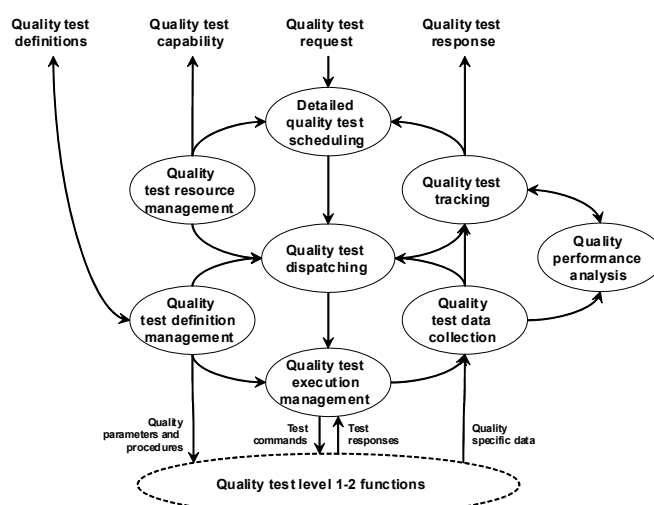
Model aktivnosti upravljanja in vodenja proizvodnje



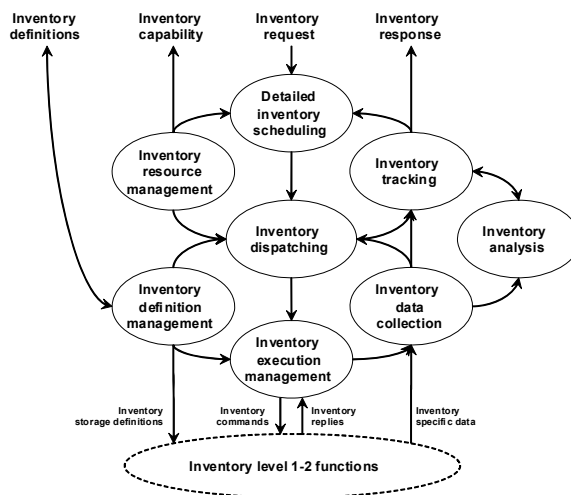
Model aktivnosti upravljanja vzdrževanja



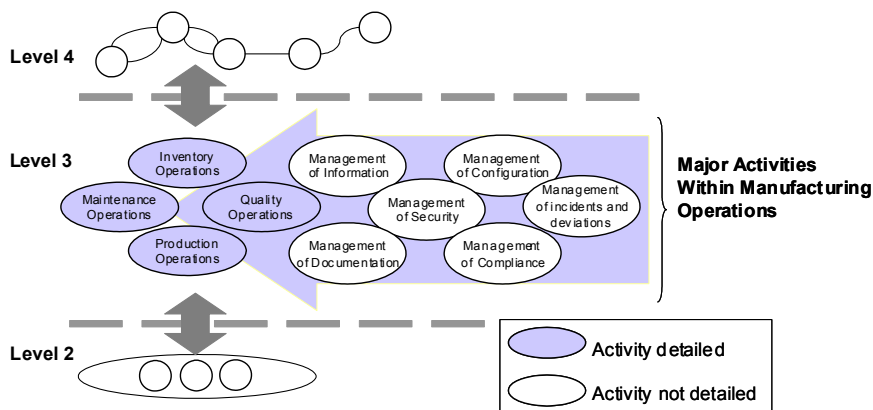
Model aktivnosti upravljanja kakovosti



Model aktivnosti upravljanja zalog



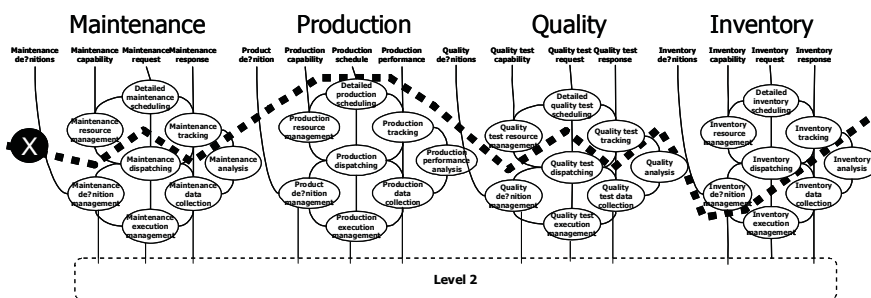
Vpliv drugih aktivnosti



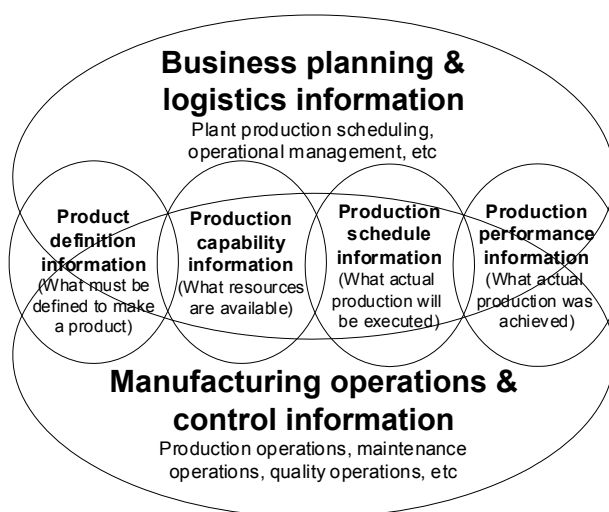


Izvedba aktivnosti

- Meja med 3 in 4 nivojem je odvisna od konkretne izvedbe



Izmenjava podatkov



Podatkovni modeli IEC 62264



- Za potrebe standardizirane izmenjave podatkov med poslovnimi sistemi in sistemi vodenja procesov

