

UNIVERZITET U BEOGRADU

MAŠINSKI FAKULTET

Đorđe Zrnić

FABRIČKA POSTROJENJA

PROJEKTOVANJE FABRIKA

U N I V E R Z I T E T U B E O G R A D U

Đorđe Zrnić

✓
FABRIČKA
POSTROJENJA
PROJEKTOVANJE FABRIKA

MAŠINSKI FAKULTET
Beograd, 1987.

Dr Djordje Zrnić, redovni profesor

FABRIČKA POSTROJENJA I
-Projektovanje fabrika-

Recenzenti

Dragutin Popović, red. profesor

Dr Davor Ostrić, red. profesor

Izdavač

MAŠINSKI FAKULTET

Univerziteta u Beogradu

Beograd, 27. marta 80

Štampanje odobrila

KOMISIJA ZA IZDAVAČKU DELATNOST

Mašinskog fakulteta u Beogradu

26. 02. 1987. godine

UREDNIK

Dragutin Popović

TEHNIČKI UREDNIK

Milan Vuković

TIRAŽ: 500 primeraka

ŠTAMPA: Zavod za grafičku tehniku

Tehnološko-metalurškog fakulteta

Beograd, Karnedžijeva 4

Knjiga se štampa uz dotaciju Univerziteta

YU ISBN 86-7083-038-8

Preštampanje ili umnožavanje nije dozvoljeno

P R E D G O V O R

Ova knjiga je namenjena studentima VII i VIII semestra kao udžbenik iz predmeta Fabrička postrojenja. Sadrži osnovne elemente teorije projektovanja, modele za razmeštaj lokacija opreme i odeljenja, osnovne modele kretanja materijala i neophodne podatke za izradu idejnih tehnoloških projekata. Dat je poseban osvrt na projektovanje fleksibilnih proizvodnih sistema sa primerima koji treba da podstaknu čitaoca na razmišljanja o specifičnostima savremene proizvodnje.

Materijal je ilustrovan projektnim rešenjima koje je realizovao JUR za proizvodno mašinstvo (Katedra za mehanizaciju) Mašinskog fakulteta u Beogradu u saradnji sa privredom.

Pored rada na redovnoj nastavi udžbenik će koristiti i poslediplomci grupe za "Projektovanje fabrika".

Projektovanje fabrika i fabričkih postrojenja predstavlja oblast koja je svakodnevno prisutna u radu mašinskog inženjera u fabrici, projektantskom birou ili institutu, tako da knjiga može da koristi stručnjacima u praksi koji se bave ovom problematikom.

Ovom prilikom se zahvaljujem profesorima Mašinskog fakulteta Dragutinu Popoviću i Dr Davoru Ostriću na objavljenoj recenziji. Takodje se zahvaljujem, Mr Dragoljuhu Saviću i apsolvantu Zoranu Stojanoviću na pripremi programa za razmeštaj lokacija, Milanu Vukoviću, rukovodiocu Izdavačkog servisa na zalaganju oko izdavanja knjige i Milanki Lukić na tehničkoj obradi.

Beograd,
19. marta 1987. godine

A U T O R

S A D R Ź A J

1. U V O D	1
1.01. Cilj projektovanja	1
1.02. Izgradnja investicionih objekata	2
1.03. Izrada i prikupljanje predprojektne dokumentacije. Prethodne analize	3
1.04. Projektni zadatak	5
1.05. Izbor lokacije	6
1.06. Program proizvodnje	8
1.07. Obim proizvodnje i tehnički kapacitet	10
1.08. Sastav fabrike	11
1.09. Osnovni tehničko-ekonomski pokazatelji	13
2. OPŠTA UPUTSTVA ZA PROJEKTOVANJE	16
2.01. Sadržaj tehnološkog projekta	17
2.02. Obavezni opšti prilozi u projektu	18
2.03. Uslovi za projektovanje	19
2.04. Potrebne saglasnosti na investiciono-tehničku dokumentaciju od strane nadležnih organa i organizacija	19
2.05. Tehnološki projekat	19
2.06. Dokumentacija tehnološkog projekta	20
2.06.1. Idejni projekat	20
2.06.2. Glavni projekat	21
2.07. Postupak projektovanja	21
2.08. Režim rada	35
2.09. Fond vremena rada	37
2.10. Proračun proizvodne opreme	37
2.11. Proračun radnih mesta u montažnim radionicama	41
2.12. Proračun radne snage	43
2.13. Proračun potrebnih površina	45
2.14. Površine pomoćnih odeljenja i radionica	49
2.15. Odredjivanje funkcionalnih površina	49
3. LAYOUT	55
3.01. Rekonstrukcija proizvodnog pogona	56
3.02. Osnovni pristup projektovanju	59
3.03. P - Q analiza	60
3.04. Formiranje layout-a	63

3.05. Prekidni sistemi	63
3.06. Kontinualni sistemi	67
3.06.1. Neophodni uslovi	70
3.06.2. Postupak projektovanja	71
3.06.3. Kretanje materijala	76
3.06.4. Zadata ograničenja	77
3.06.5. Zastoji u radu linije	77
3.06.6. Osnovne karakteristike sistema	78
3.07. Kombinovani sistemi	79
3.08. Sistemi sa fiksnim pozicijama proizvoda	82
4. RAZMEŠTAJ OPREME I PROSTORA	96
4.01. Formiranje prostorne strukture	98
4.02. Odredjivanje transportnog učinka	99
4.03. Matrice OD - DO	101
4.04. Matrica međuzavisnosti aktivnosti	102
4.05. Metoda trougla	108
4.06. Metoda krugova	110
4.07. Programi za razmeštaj opreme	114
4.08. Program za razmeštaj opreme primenom mikroračunara ...	118
5. KRETANJE MATERIJALA	126
5.01. Opšti problemi	128
5.02. Uvod u analizu ...	130
5.03. Modeli za analizu kretanja materijala	131
5.03.1. Šema kretanja materijala	131
5.03.2. Blok dijagram	135
5.03.3. Dijagram toka	139
5.03.4. Tabelarni prikaz procesa	141
5.03.5. Dijagram procesa izrade	141
5.03.6. Dijagram kretanja materijala	143
5.03.7. Dijagram procesa izrade za više proizvoda	143
5.03.8. Karta toka materijala	153
5.03.9. Matrica (karta OD - DO)	153
5.04. Postupak R. Muthera	156
6. DISPOZICIONI PLAN	160
6.01. Dimenzije otvora i saobraćajnice	162
6.02. Postavljanje opreme	167
6.03. Prijemno - otpremne rampe.....	172

6.04. Pomoćne površine	174
6.05. Evakuacija radnika	176
6.06. Primeri izvođenja dispozicionog plana	178
7. SNABDEVANJE ENERGIJOM	188
7.01. Energetske karakteristike proizvodnih procesa	188
7.02. Snabdevanje električnom energijom	191
7.03. Snabdevanje toplotnom energijom	193
7.04. Komprimovani vazduh	193
7.05. Snabdevanje vodom	197
7.06. Snabdevanje gorivom	198
8. FABRIČKE ZGRADE	199
8.01. Prizemne zgrade	203
8.02. Spratne zgrade	207
8.03. Prirodno osvetljenje zgrada	210
8.04. Specifičan pritisak na pod od različitih vrsta opterećenja	210
9. GREJANJE, PROVETRAVANJE, OTPRAŠIVANJE	213
9.01. Grejanje	213
9.02. Provetravanje i otprašivanje	216
9.03. Zaštita okoline	219
10. VEŠTAČKO OSVETLJENJE	222
11. SITUACIONI PLAN	230
11.01. Odredjivanje veličine terena	234
11.02. Položaj datog objekta u odnosu na druge zgrade fabrike (industrijskog kompleksa)	240
11.03. Primeri	241
12. SPECIFIČNOSTI LAYOUT-A FLEKSIBILNE PROIZVODNJE	246
12.01. Dispozicija pogona	247
12.02. Radna mesta	247
L I T E R A T U R A	256

1. U V O D

1.01. Cilj projektovanja

Da bi se otklonila razlika izmedju potreba tržišta i obima postojeće proizvodnje, za datim proizvodom, mogu da budu izabrani sledeći osnovni putevi:

1. Povećanje obima proizvodnje, boljim iskorišćenjem postojećih proizvodnih kapaciteta.
2. Rekonstrukcija postojećih fabrika (posledica promena u asortimanu proizvoda, konstrukciji ili dizajnu proizvoda, tehnološkom procesu i opremi), i
3. Izgradnja novih fabrika.

Projektovanje je sredstvo pomoću koga se postiže odredjeni cilj i predstavlja polaznu kariku u nizu aktivnosti koje dovode do izrade odredjenog proizvoda. Projektovanje je prva i osnovna etapa investicione izgradnje kojom se obezbedjuje izgradnja novih i rekonstrukcija postojećih fabrika.

Projektovanje proizvodnih objekata predstavlja složeni proces u kome se rešavaju mnoga različita pitanja tehničkog, organizacionog i ekonomskog karaktera. Tako, da je osnovni cilj projektovanja izrada fabrika i radionica koje treba da zadovolje sve uslove i zahteve postavljene od investitora, a da se pri tome da savremeno tehničko rešenje koje zadovoljava ekonomske uslove i obezbedi izrada visoko kvalitetnih proizvoda.

Zadatak projektanata (timski rad) je da na osnovu granica koje diktiraju tehnički i ekonomski uslovi reše povoljno funkcionisanje datog procesa i da omoguće proizvodnju definisanu projektnim zadatkom. Probleme u projektovanju treba rešavati kompleksno tako da je tim koji radi na ovim poslovima sastavljen od stručnjaka raznih specijalnosti.

Projekat treba da sadrži kompletnu studiju procesa proizvodnje primenjujući savremenu tehnologiju, produktivnu opremu i najefikasnije metode proizvodnje.

Kod izrade projekta proizvodnog industrijskog postrojenja utvrđen je postupak projektovanja i u njemu su odredjeni sadržaj, sastav i redosled izrade projekta prema kojem treba da se ostvari izgradnja novih, proširenje i rekonstrukcija postojećih objekata.

1.02. Izgradnja investicionih objekata

Izgradnja i rekonstrukcija objekata je regulisana Zakonom koji je objavljen u službenom Glasniku SRS br. 10/84. Odredbe ovog Zakona odnose se na izradu tehničke dokumentacije i izgradnju i rekonstrukciju objekata. U daljem tekstu je dat izvod iz Zakona o izgradnji objekata.

Pod objektom podrazumeva se sam građevinski objekat ili građevinski objekat sa ugrađenim instalacijama, uređajima, postrojenjima i opremom koji služe nameni objekta i obezbeđuju njihovu funkcionalnost predviđenu investicionim programom, ili same instalacije, uređaji, postrojenja i oprema, ako čine tehničko-tehnološku i funkcionalnu celinu.

Pod izgradnjom objekta podrazumeva se izvodjenje građevinskih i zanatskih radova, ugradjivanje i montaža uređaja, postrojenja i opreme.

Pod rekonstrukcijom objekata podrazumeva se izvodjenje radova kojim se menja namena ili funkcionalnost prostorije, odnosno objekta; zamena instalacija, uređaja, postrojenja i opreme ili promena tehnološkog procesa proizvodnje.

Investicioni program je elaborat kojim se analiziraju ekonomski, tehnički i drugi uslovi za izgradnju investicionog objekta i opravdanost izgradnje tog objekta.

Investicioni program sadrži: opis objekta sa podacima o njegovoj nameni; kapacitet i program proizvodnje, odnosno eksploatacije objekata; podatke o vodoprivrednim, energetskim i saobraćajnim uslovima za odgovarajuće područje; vrednost građevinskog objekta, instalacije, opreme, postrojenja i montaže; izvore, visinu i način obezbeđenja finansijskih sredstava, rok trajanja izgradnje itd.

Tehnička dokumentacija sadrži: odgovarajuće projekte (arhitektonsko-građevinski, tehnološki, mašinski, instalacija itd.), tehnički opis, statičke i druge proračune, predmer i predračun, detalje izvodjenja radova i druge priloge utvrdjene zakonom.

Tehnička dokumentacija izrađuje se u skladu sa uslovima utvrdjenim prostornim odnosno urbanističkim planom i zavisno od vrste objekata i njegove lokacije, u skladu sa vodoprivrednim, sanitarnim, saobraćajnim, energetskim, geološkim i drugih propisanim uslovima.

Investitor može da ustupi izradu tehničke dokumentacije organizaciji koja je registrovana za vršenje te delatnosti, ili organizacija udruženog rada može da vrši izradu tehničke dokumentacije za svoje potrebe ako ispujava zakonske uslove (čl. 31).

Tehnička dokumentacija podleže tehničkoj kontroli. Tehnička kontrola dokumentacije sastoji se iz provere da li je dokumentacija izrađena u

skladu sa odredbama ovog Zakona. Tehničku kontrolu može da vrši organizacija udruženog rada koja je registrovana za izradu odgovarajuće vrste tehničke dokumentacije.

Izgradnja odnosno rekonstrukcija investicionog objekta može se započeti kada se pribavi odobrenje za izgradnju.

Izgradnja investicionog objekta može da se podeli u tri faze:

1. Izrada investicionog programa sa idejnim projektom
2. Izrada glavnog projekta
3. Izvodjenje objekta i nadzor.

Investicioni program treba da obrazloži opravdanost investicionih ulaganja; pored toga tehnička dokumentacija i ekonomske analize koje su sastavni deo ovog elaborata treba da služe kao podloga za dalji rad na izgradnji objekta.

Glavni projekat predstavlja detaljno rešenje na osnovu koga mogu da se izvode radovi i oformi fabrika, koja može da ostvari postavljene tehničke i ekonomske zahteve. Izradjuje se na osnovu odobrenog investicionog programa i idejnih projekata.

Glavni projekat se radi najčešće u dve faze u prvoj fazi se detaljno razradjuje tehnička dokumentacija potrebna za prikupljanje ponuda i raspisivanje licitacije. U drugoj fazi glavnog projekta izradjuju se crteži potrebni za izvodjenje i montažu opreme. Rad na drugoj fazi počinje tek posle sklapanja ugovora sa isporučiocem opreme.

Izvodjenje objekta i nadzor obuhvataju sledeće aktivnosti: utvrđivanje rokova i kontrolu izvodjenja prema planiranim rokovima; tehnički primjem opreme i kontrolu dokumentacije; davanje potrebnih tehničkih uputstava; kontrolu izvodjenja sa gledišta primene propisa o investicionoj izgradnji; kontrolu količine ugrađenog materijala i probni rad sa analizom rezultata.

1.03. Izrada i prikupljanje predprojektne dokumentacije. Prethodne analize

Projektovanje se sprovodi na osnovu projektnog zadatka. Projektni zadatak se sastavlja u skladu sa potrebama tržišta i trendom razvoja date grane industrije.

Da bi se donelo rešenje o izgradnji investicionog objekta, izboru lokacije i sastavio projektni zadatak za njihovo projektovanje, potrebno je izvršiti prethodne radove i doneti dokaze o tehničko-ekonomskoj opravdanosti datog objekta.

Prethodni radovi obuhvataju proučavanje tržišta, sa stanovišta uslova plasmana proizvoda. Analiza tržišta domaćeg i stranog (izvoz) sadrži ispitivanje mogućeg plasmana proizvoda i obuhvata prikupljanje podataka o ranijim zbivanjima na tržištu, izradu prognoze za prodaju, formiranje cena, određivanje obima i programa prodaje.

Ova faza pokriva odnose između tržišta i zahteva fabrike i daje sledeće podatke:

- obrazloženje celishodnosti izgradnje novog objekta, ili rekonstrukcije postojećih objekata,
- obrazloženje proizvodnih kapaciteta projektovanog objekta i njegove lokacije.

U prethodne radove dolazi proučavanje naučnih i tehničkih dostignuća koja doprinose racionalizaciji rada; proučavanje savremene tehnologije, nove opreme, kao i praćenje proizvodnje domaćih i stranih preduzeća sa sličnim programom proizvodnje.

Na osnovu predloga date grane industrije, perspektivnih potreba privrede u proizvodima i potrošača koji treba da pokriju tu proizvodnju određuju se parametri potrebni za definisanje proizvodnog programa fabrike i njena specijalizacija. Analizira se predloženi program i daje predlog za njegovo poboljšanje sa gledišta:

- a) Određivanje optimalnog projektovanog kapaciteta.
- b) Određivanje veličina serija i drugih faktora koji utiču na tip, tehnologiju i organizaciju proizvodnje (na pr. vek proizvoda, itd.).
- c) Karakteristika proizvoda i njihovog tehničkog nivoa.
- d) Proizvodne kooperacije i specijalizacije pogona.

Razvijanje specijalizacije i kooperacije je jedan od važnih uslova tehničkog progressa. Specijalizacijom se smanjuje asortiman delova što doprinosi stvaranju jednostavnije proizvodne strukture radionice, povećavanju kvaliteta proizvoda, stvaranju uslova za proizvodnju većih serija, povećanju stepena mehanizovanosti i uvođenju automatizacije u tehnološke procese i sisteme kretanja materijala, odnosno povećanju tehničkog i organizacionog nivoa proizvodnje. Pri sprovođenju specijalizacije neophodno je istovremeno rešavati i pitanja standardizacije i unifikacije delova.

Za uspešno razvijanje specijalizacije potrebno je rešiti problem kooperacije između pojedinih radnih organizacija. Kooperacija može da se ostvari kroz nabavku polufabrikata, delova ili pojedinih sklopova i u vidu korišćenja slobodnih tehnoloških kapaciteta.

Važan oblik kooperacije može da se postigne i korišćenjem zajedničkih energetskih izvora, saobraćajnica, izgradnjom društvenih i stambenih objekata itd.

Na osnovu prikupljene dokumentacije i izvršenih prethodnih analiza pristupa se konačnom definisanju proizvodnog programa, određivanju obima proizvodnje i izradi tehničke dokumentacije neophodne za kompletiranje investicionog elaborata.

Blok dijagram na slici 1-1 daje pregled osnovnih aktivnosti od zahteva tržišta do realizacije proizvodnog sistema.

1.04. Projektni zadatak

Projektni zadatak je pismeno određivanje svih uslova za izradu kompletnog projektnog elaborata i predstavlja osnovu za početak projektovanja. Od pravilno i racionalno postavljenog projektnog zadatka zavisi izrada samog projekta i izgradnja objekta.

Projektni zadatak sastavlja investitor uz saradnju odgovarajućih stručnjaka. Bazi ran je na mnogim prethodnim radovima, studijama i istraživanjima.

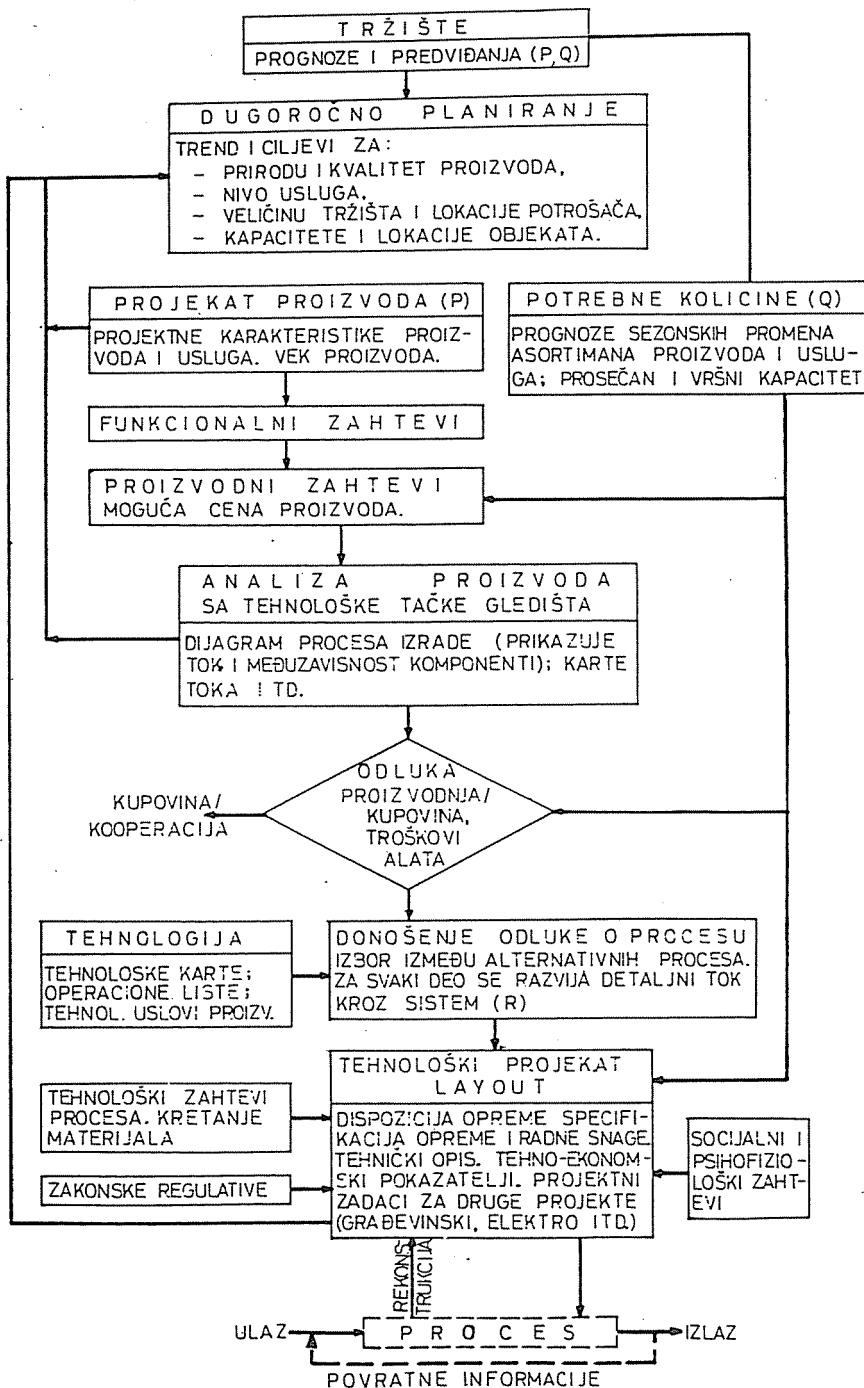
Opšti podaci i prilozi koje treba da sadrži projektni zadatak obuhvataju:

1. Podatke o proizvodu, program proizvodnje i osnovne karakteristike proizvodnje.
2. Lokaciju - oblast i mesto gradjenja.
3. Situaciju terena izradjenu u razmeri 1:500, 1:1000 ili 1:2500.
4. Podatke o pravcu i jačini vetrova.
5. Geološki sastav zemljišta.
6. Nivo eventualnih podzemnih voda.
7. Nosivost terena.
8. Rokove gradnje i redosled puštanja u rad pojedinih objekata.
9. Eventualne zahteve investitora za etapnom izgradnjom.
10. Podatke o postojećim objektima i ugradjenoj opremi sa odgovarajućom tehničkom dokumentacijom kada se radi o proširenju ili rekonstrukciji fabrike.

1.05. Izbor lokacije

Osnovni faktori koji određuju ekonomičnost i celishodnost nje i eksploatacije nove fabrike u datoj oblasti su sledeći:

- postojanje sirovinskih baza i njihova lokacija,
- mogućnost snabdevanja energijom,
- rešenje transporta sirovina, goriva i gotovih proizvoda,
- snabdevanje gorivom,
- snabdevanje vodom,
- mogućnost odvedjenja otpadnih voda,
- blizina naseljenih mesta, i njihove karakteristike,

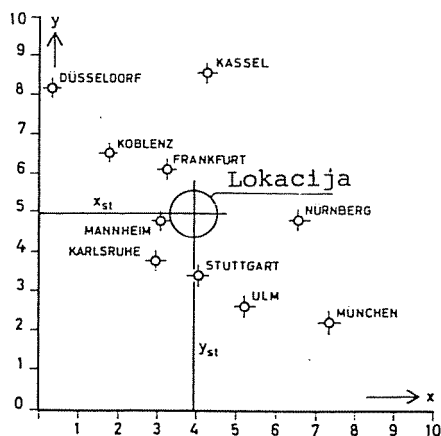


Slika 1 - 1

- povoljni topografski, geološki, hidrometeorološki i klimatski uslovi,
- postojanje slobodnih površina za postavljanje fabrike, i
- strateški uslovi.

Na slici 1-2 je dat primer odredjivanja geografskog položaja (šire lokacije) prema J. Thompsonu za jednu fabriku u Zapadnoj Nemačkoj /57/. Položaj isporučioaca repromaterijala za datu proizvodnju i kupaca (krajnjih potrošača) se daje tabelarno i unosi u odgovarajući koordinatni sistem (koordinate x i y ; jedan podeok iznosi 100 km). U tabeli se unose količine u to - nama (t) koje se dovode na datu lokaciju i odvoze do krajnjih potrošača. Količine gotovih proizvoda su udvostručene (date su fiktivne količine) zbog odgovarajućeg odnosa troškova transporta. "Idealna lokacija" je data koordinatama x_{st} i y_{st} :

$$x_{st} = \frac{520,7}{132} = 3,95 \quad ; \quad y_{st} = \frac{652,7}{132} = 4,95$$



Otprema	t	x	x · t	y	y · t
Stuttgart	26	4,05	105,3	3,40	88,4
Ulm	18	5,20	93,6	2,60	46,8

Doprema

Düsseldorf	22	0,30	6,6	8,15	179,3
Kassel	15	4,25	63,8	8,55	128,3
Koblenz	5	1,75	8,8	6,50	32,5
Frankfurt	12	3,25	39,0	6,10	73,2
Mannheim	6	3,10	18,6	4,80	28,8
Karlsruhe	4	2,95	11,8	3,80	12,2
Nürnberg	4	6,55	26,2	4,80	19,2
München	20	7,35	147,0	2,20	44,0
	132		520,7		652,7

Slika 1 - 2

Posle odredjivanje šire lokacije za izgradnju fabrike pristupa se izboru samog terena u okviru date oblasti, odnosno od mogućih površina za izgradnju industrijskih objekata bira se najpovoljnija površina prema general - nom urbanističkom planu i drugim neophodnim uslovima.

Uslovi koji se analiziraju pri izboru terena su sledeći:

- konfiguracija terena i njegove dimenzije,
- reljef terena,
- karakteristike zemljišta,

- mogućnost pojave podzemnih voda,
- potencijalna opasnost od poplava,
- položaj energetske baza i uslovi za priključivanje,
- snabdevanje vodom,
- postojanje kanalizacione mreže,
- mogućnost odvođenja otpadnih voda,
- povoljnost terena u pogledu sanitarno-higijenskih uslova,
- položaj saobraćajnica i udaljenost od magistralnih puteva,
- mogućnost priključivanja industrijskog koloseka na postojeću mrežu,
- položaj stambenih naselja u odnosu na pravac dejstva glavnih vetrova i mogućnost postavljanja sanitarno zaštitne zone koja je usaglašena sa propisima,
- položaj i vrsta industrijskih objekata kada postoji mogućnost za jedničkog korišćenja energetske izvora, postrojenja za prečišćavanje otpadnih voda itd., i
- mogućnost proširenja fabrike.

1.06. Program proizvodnje

Program proizvodnje je osnovni polazni podatak za projektovanje i predstavlja proizvodni zadatak za jedan određen vremenski period. Proizvodni program može da bude tačan, svedeni ili uslovni (proizvodna orijentacija).

Tačni program proizvodnje sadrži potpuni spisak svih proizvoda, koji se izrađuju u datoj fabrici u određenom vremenskom periodu (uključujući škart i rezervne delove), sa naznačenom količinom, masom i vrstom materijala.

Proizvodni zadatak je obezbeđen kompletnim specifikacijama svih proizvoda i radioničkim crtežima koji treba da sadrže podatke neophodne za razradu tehnološkog procesa: vrstu materijala, način obrade, vrstu termičke obrade sa označenom tvrdoćom i drugim karakteristikama, način površinske zaštite itd. Pored toga potrebno je da budu precizno definisani tehnički uslovi za izradu i prijem proizvoda.

Tačni program proizvodnje se koristi pri izradi projekata fabrika i radionica masovne i velikoserijske proizvodnje. U tablici 1-1 je dat izgled zaglavlja za formiranje programa na osnovu dobijenih podataka.

Proizvodni program se naziva svedenim kada se svi proizvodi uslovno svode na nekoliko karakterističnih proizvoda predstavnika. Pri projektovanju po svedenom programu celokupna nomenklatura proizvoda se deli na tehnološki slične grupe. Svaka grupa mora da ima svog karakterističnog predstavnika prema kome se izvode dalji proračuni.

Tablica 171

SPISAK DELOVA ZA: Broj crteža:										Strana:
										Ukupno str.
Poz.	NAZIV KOMADA	Broj crteža	Materijal	Dimenzije	Br. komada za 1. proiz. šnje	Godi-šnje	Masa komada	Godi-šnje	Godi-šnje	PRIMEDBA

Program se razradjuje na osnovu jednog ili nekoliko karakterističnih proizvoda predstavnika, obično onih iz grupe sličnih delova (po složenosti i načinu izrade), koji su zastupljeni u najvećoj količini i masi. Za proizvode predstavnike se izradjuje celokupna tehnička dokumentacija kao i kod sastavljanja tačnog programa. Odstupanja ostalih proizvoda od proizvoda predstavnika se izravnavaju koeficijentima svodjenja.

Svedeni program proizvodnje se koristi kada je zadat raznovrstan asortiman proizvoda, najčešće pri serijskoj proizvodnji, kao i u slučaju kada se ne raspolaze sa potpunom dokumentacijom za sve proizvode.

Pri izradi projekata pogona individualne i maloserijske proizvodnje, razrada na već opisane načine nije moguća. Za široku nomenklaturu proizvoda, koji se javljaju u ovom slučaju, nije moguće uraditi detaljnu tehničku dokumentaciju, a i sam program često nije fiksno određen (prisutna je proizvodna orijentacija). Proizvodni program se deli na karakteristične težinske grupe, daju se prosečne i najveće mase komada i njegove gabaritne dimenzije. Normativi vremena izrade se dobijaju korišćenjem tehničko-ekonomskih pokazatelja iz literature.

1.07. Obim proizvodnje i tehnički kapacitet

Obim proizvodnje predstavlja količinu proizvoda definisanu proizvodnim programom uvećanu za procenat škarta (zavisi od zahtevanog nivoa kvaliteta) koji se javlja u procesu izrade i dat je izrazom:

$$Q = \frac{Q_p}{1-q/100}$$

gde je:

Q_p - proizvodnja koja treba da se realizuje, data programom proizvodnje, i
 q - prosečni škart dat u procentima.

Obim proizvodnje određuje tehnički kapacitet samog proizvodnog postrojenja i dat je izrazom:

$$Q_T = \frac{Q_p}{(1-q/100)\eta}$$

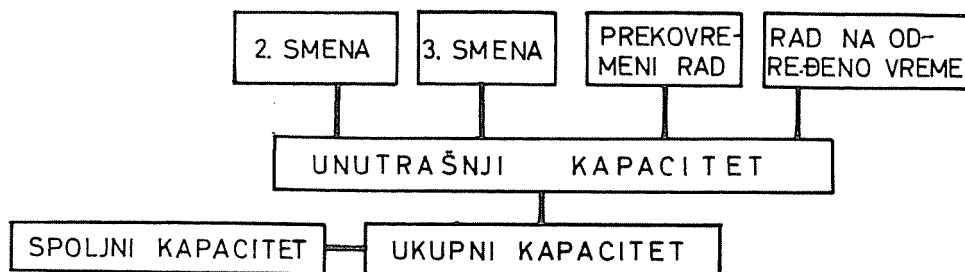
gde je η stepen iskorišćenja sredstava rada. Na stepen iskorišćenja sredstava rada mogu da utiču sledeći faktori: greške u planiranju, nedostatak resursa, kvarovi na opremi, neredovno snabdevanje materijalom, itd.

Donošenje odluke o veličini proizvodnog kapaciteta je veoma značajno posebno ako se zahtevaju velika investiciona ulaganja u opremu i objekte. Zahtevi za proizvodima ili uslugama (servisne radionice) mogu da variraju (na pr. zahtevi sezonskog karaktera) i to otežava donošenje odluke da li će se kapacitet pogona projektovati prema vršnoj potražnji ili prema nekom nižem nivou. Pri tome, varijacije mogu da budu sezonske, mesečne, nedeljne,

a po nekad i dnevne.

Da bi se smanjile investicije u nekim slučajevima je moguće planirati korišćenje kapaciteta i to: promenom broja radnika (sezonska radna snaga – rad na određeno vreme), prekovremenim radom, stvaranjem sezonskih zaliha itd.

Kapacitet može da se podeli na unutrašnji i spoljni. Unutrašnji kapacitet definiše sopstvenu sposobnost proizvodnog pogona, a spoljni kapacitet daje mogućnost povećanja ukupnog proizvodnog kapaciteta zavisno od ugovora sa drugim proizvođačima (kooperacija) ili snabdevačima (kupovina gotove robe – komponenti). Na slici 1-3 su prikazani pojedini uticaji na formiranje ukupnog kapaciteta.



Slika 1 - 3

1.08. Sastav fabrike

Podela fabrike na pojedina odeljenja i radionice može da se izvrši prema funkciji koju ista obavljaju, tako da mogu da se formiraju tri osnovne grupe:

1. Proizvodna odeljenja – osnovne radionice, predviđena su za neposredno ostvarivanje tehnoloških procesa.

2. Odeljenja, radionice i postrojenja za opsluživanje proizvodnje i obezbedjenje uslova rada. Ova grupa obuhvata sledeće podgrupe:

- pomoćna odeljenja, radionice i skladišta,
- postrojenja za proizvodnju i raspodelu energije, i
- postrojenja koja obezbeđuju potrebne uslove za rad.

3. Ostale službe koje obuhvataju upravu, tehničku pripremu, tehnološki biro, konstrukcioni biro, odeljenje za razvoj, službu investicija, administraciju, službu zaštite na radu, restoran društvene ishrane, zdravstvenu stanicu itd. U ovu grupu spadaju i odeljenja sanitarne tehnike-garderobe, tuševi, umivaonici sanitarni čvor itd.

U zavisnosti od usvojene tehnologije, tipa i organizacije proizvodnje i veličine fabrike neka od navedenih odeljenja (i radionica) mogu da budu ujedinjena, odnosno da ne budu uopšte predviđena.

Proizvodna odeljenja (radionice):

- radionice za mašinsku obradu,
- radionice za sklapanje proizvoda (montaža),
- odeljenje termičke obrade,
- odeljenje (postrojenje) za površinsku zaštitu,
- odeljenje za ispitivanje proizvoda,
- odeljenje za konzervaciju, pakovanje itd.

Pomoćna odeljenja, radionice i skladišta:

- radionice za pripremu proizvodnje,
- radionica za izradu alata,
- radionica za izradu pribora,
- radionica za remont mašina i energetskih postrojenja,
- odeljenja za kontrolu (medjuoperaciona, medjufazna, kontrola alata i pribora),
- odeljenje za održavanje mašinskog parka, opreme i energetskih postrojenja,
- odeljenje za punjenje akumulatora,
- skladišta (sirovina i polufabrikata, medjufazna, gotove robe i gotovih proizvoda),
- skladište alata i pribora,
- skladište rezervnih delova,
- skladište potrošnog materijala i opreme za HTZ, itd.

Postrojenja za proizvodnju i raspodelu energije:

- postrojenja za proizvodnju, transformaciju i razvod električne energije,
- postrojenja za proizvodnju i razvod pare (tope vode),
- postrojenja za proizvodnju i razvod komprimovanog vazduha,
- postrojenja za proizvodnju kiseonika, acetilena itd.,
- postrojenja za prečišćavanje otpadnih voda itd.

Postojenja koja obezbeđuju potrebne uslove za rad:

- postrojenja i razvodne mreže za grejanje, prevetravanje i klimatizaciju,
- postrojenja za otprašivanje,

- uređjaji za osvetljavanje, signalizaciju, telefoniju itd.

1.09. Osnovni tehničko-ekonomski pokazatelji

Pregled tehničko-ekonomskih pokazatelja dat u ovom poglavlju treba da posluži kao pomoć projektantu pri upoređivanju predloženog rešenja sa već izvedenim objektima i omogućiti procenu tehničko-ekonomskog nivoa projekta. U daljem tekstu je dato objašnjenje za neke od osnovnih pokazatelja.

1. Proizvodnost fabrike ($t/m^2/god.$)

Ovaj pokazatelj predstavlja godišnju proizvodnju u (t) po (m^2) ukupne površine (sve proizvodne i pomoćne prostorije direktno vezane za proces proizvodnje, bez sanitarnih prostorija, garderobe i kancelarija). Pokazatelj može da bude dat i za pojedina proizvodna odeljenja (radionice).

2. Proizvodnost po zaposlenom ($t/čoveku/god.$)

Ovaj pokazatelj obuhvata sledeće osoblje:

- proizvodne radnike,
- pomoćne radnike,
- upravu, tehničku službu, administrativnu službu itd.

3. Proizvodnost po proizvodnom radniku ($t/čoveku/god.$)

Ovaj pokazatelj se odnosi samo na radnike zaposlene u proizvodnim odeljenjima.

4. Utrošak časova po t proizvoda (h/t)

$$U_h = \frac{R \cdot T_h}{Q} \quad (h/t)$$

gde je:

R - broj radnika

T_h - godišnji fond vremena rada u časovima

Q - godišnja proizvodnja u t.

U tablici 1-2 su dati tehničko ekonomski pokazatelji za fabrike iz SSSR-a /12/, a u tablici 1-3 za pojedine domaće fabrike (podaci prikupljeni u periodu od 1970. do 1975. godine).

Tablica 1-2

NAZIV
POKAZATELJA

		Oprema za valjaonice	Oprema za vis, peći, čeličane i livnice obojen. metala	Hidraulične turbine	Parne turbine od 6000 do 12000 kW	Par. turb. od 100000 do 300000 kW i gasne turb. od 25000 kW	Krupna armatura	Dizalica nosivosti od 5 do 20 t	Dizalica nosivosti 125 do 350 t	Veliki reduktori	Mali reduktori
Godišnja proizvodnja po jednom radniku	t	69	87	82,4	16,8	13,5	27	66	87	89,1	16,3
Godišnja proizvodnja po 1 proizv. mašini	t	262	300	300	38	42,7	61,4	147	237	256	37,8
Godišnja proizvodnja po 1m ² ukup. površine	t	2,5	3	1,46	0,6	0,45	2,2	4,5	3,95	3,4	1,35
Obim rada za izradu 1 t proizvedenih delova	čovek čas	20	17,4	16,5	112	124	67,8	27,5	19,2	20,2	114,5
Isto za 1 t ukupne mase mašine	čovek čas	18	15,6	14,8	69,1	91	56	3,4	5,4	19,5	109,2
Br. mašinskih časova potreb. za 1 t proizved. delova	čas	16,5	14,5	13,8	102,0	94,0	65,2	25	16	16,8	106
Isto za 1 t ukupne mase mašine	čas	14,8	13	12,5	62,8	69	54	3,1	4,5	16,2	101,1
Ukupna površina po 1 proizvod. mašini	m ²	104,5	100	206	65	95	28	32	65	75	28
Srednji koef. iskorišće- nja mašina	-	0,85	0,85	0,80	0,83	0,83	0,85	0,79	0,80	0,85	0,85

Tablica 1 - 3

Redni broj	NAZIV POKAZATELJA	jedinica	PROIZVODNI PROGRAM							
			01	02	03	04	05	06	07	08
			valjci za traktore gusen.	elektro- motori aparata za dom- aćinstvo	auto- busi	karose- rija vozila	izrada alata	kami- onske priko- lice	reduk- tori za liftove	guse- nički lanci
1	Godišnji obim proizvod.	t	3080	3400	7000	4275	66,7	2800		1130
2	Ukupna površina radio- nica	m ²	770	1790	16200	8600		3220		520
3	Ukupan broj radnika			165	840	320	92	268		41
4	Režim rada (broj smena)		2	2	2	2	2	2	1	2
5	Ukupan broj mašina		62	27			16	33		30
6	Godišnji proizvod po radniku	t	/	20,6	8,3	12,2	0,72	10,4		27,5
7	Godišnja proiz. po m ² ukupne površine	t	4	1,9	0,43	0,5		0,85	0,3	2,18
8	Obim rada za izradu t delova	čov. čas		57,3	233	139	3709		207	
9	Godišnji proizvod po 1 mašini	t	49,7	130			4,17	84,8	16,2	37,7
10	Površina po 1 alatnoj mašini	m ²	12,7	66,3				100	50	17,4
11	Broj mašinskih časova za t proiz. delova	h		38,8	88	104	605	43,6	128	87
12	Površina hale po radniku	m ²		10,9	19,3	26,9	11,6	12,4		12,7
13	Stepen iskorišćenja mašina		0,78	0,72			0,8	0,69	0,54	0,54

2. OPŠTA UPUTSTVA ZA PROJEKTOVANJE

Pri rešavanju tehnološkog procesa u cilju obezbeđivanja dobrog funkcionisanja projektovanog pogona, treba obratiti pažnju na sledeće:

1. Obezbediti potrebne uslove za proizvodnju delova prema JUS-u i to: mehanička svojstva, čistoću površine, tolerancije, površinsku zaštitu itd.

2. Povećati produktivnost primenom što većeg stepena mehanizovanosti i automatizacije u svim tehnološkim i transportnim operacijama, pri tome voditi računa o ekonomskoj opravdanosti rešenja. Treba pravilno rešiti kretanje materijala kroz proizvodni proces, eliminisati nepotrebno zadržavanje materijala u toku procesa i omogućiti stalnu i jednostavnu kontrolu kvaliteta i kvantiteta.

3. Treba težiti ka manjem procentu škarta i smanjenju potrošnje materijala.

4. Obezbediti transport sa što kraćim putanjama između svih proizvodnih i pomoćnih odeljenja i skladišta. Kretanje materijala treba uvek usmeravati ka mestu otpreme gotovih proizvoda i izbegavati ukrštanja i povratne linije. Ukoliko je moguće treba koristiti transportna sredstva za obavljanje pojedinih operacija za vreme kretanja materijala. Pravilno rešenje transporta odgovara potrebama racionalno organizovane proizvodnje i stvara uslove za povećanje kvaliteta i smanjenje cena koštanja proizvoda.

5. Pri izboru opreme i transportnih uređaja treba težiti po mogućstvu, da se usvoje tipski uređaji.

6. Predvideti mogućnost proširenja objekata, povećanje obima proizvodnje i mogućnost izmene vrste proizvoda. Proizvodni proces treba tako rešiti da se ove promene mogu da ostvare.

7. Treba težiti visokom stepenu iskorišćenja efektivnog rada, smanjiti ručnu manipulaciju i kretanje osoblja na minimum.

8. Pri izradi projekta treba naći takvo rešenje koje će da da visoki stepen iskorišćenja površina, dobar raspored prostorija i opreme, vodeći računa o prolazima i prilazima.

9. Svi delovi projektovane fabrike treba da zadovolje sanitarno tehničke uslove. Ovo se postiže dobro prostudiranim rešenjima grejanja i provetravanja, odstranjivanja prašine i štetnih gasova i osvetljenja radnih mesta.

2.01. Sadržaj tehnološkog projekta

Obim tehnološkog dela projekta zavisi od vrste proizvoda, tipa i obima proizvodnje, karakteristika objekta, sastava opreme i roka potrebnog za njegovu izradu. Projekat treba da sadrži sledeća poglavlja:

1. Proizvodni program – sastav i metode formiranja programa (tačni, svedeni ili preko pokazatelja). Tabelarni prikaz programa.

2. Režim rada i fond vremena rada opreme i radnika – daje se ob - razloženje o izabranom režimu rada pojedinih odeljenja. Na osnovu izabranog režima rada određuje se fond vremena rada opreme i radnika.

3. P – Q – analiza. Izbor tipa proizvodnje.

4. Opšte rešenje tehnološkog procesa. Odredjivanje normativa utroška materijala i izrada bilansa materijala prema kvalitetu i polaznim dimenzijama. Odredjivanje normativa vremena izrade, radne snage i energije. Dijagram procesa izrade. Daje se obrazloženje izabranog tehnološkog procesa i dokumentuje tehničko ekonomska opravdanost usvojenog nivoa mehanizacije i automatizacije.

5. Odredjivanje – izbor i proračun neophodne tehnološke i pomoćne opreme (pri izradi projekta rekonstrukcije fabrike ili pojedinih odeljenja na – vodi se broj postojeće opreme). Odredjivanje radnih mesta.

6. Odredjivanje potrebnih tehnoloških površina.

7. Odredjivanje površina pomoćnih radionica i postrojenja za opsluživanje proizvodnje i obezbeđenje uslova rada.

8. Postavljanje glavnih tokova materijala i proračun ukupne količine materijala koji se transportuje kroz pogone. Razmeštaj prostora, opreme i radnih mesta. Koristi se matrica OD-DO, matrica medjuzavisnosti aktivnosti, ili neka druga metoda.

9. Rešenje transporta materijala sa proračunom i izborom transportnih uređaja. Odredjivanje ciklusa transporta i izračunavanje proizvodnih kapaciteta svih uređaja. Izračunavanje transportnog učinka. Dijagram kretanja materijala.

10. Projektovanje skladišta za čuvanje sirovina, goriva, gotovih proizvoda i dr. Odredjivanje lokacije pojedinih skladišta. Izbor tipa skladišta i odredjivanje potrebnog prostora za uskladištenje. Izbor i proračun skladišne mehanizacije.

11. Izrada dispozicionog rešenja (layout) – konačni raspored pojedinih odeljenja, mašina i radnih mesta, sa crtežima osnove i preseka u koje je ucrtana oprema (crteži se izrađuju u razmeri 1:100, 1:200 ili 1:50).

12. Specifikacija radne snage. Broj proizvodnih radnika se određuje prema ukupnom vremenu potrebnom za izvođenje određenih operacija, druge kategorije radnika se uzimaju prema prosečnim pokazateljima, u procentima od broja proizvodnih radnika.

13. Specifikacija opreme - osnovne i pomoćne, sa naznačenim glavnim karakteristikama opreme, gabaritnim merama, masom i instalisanom snagom.

14. Opšte rešenje problema snabdevanja energijom sa podacima za projektovanje instalacija (elektrika, grejanje i provetravanje, komprimovani vazduh, para, voda i dr.) - sastavlja se spisak potrošača sa navođenjem njihovih glavnih karakteristika i određuje se godišnja potrošnja električne energije, pare, vode, sabijenog vazduha itd. Rekapitulacija potrošnje energije.

15. Program građevinske izgradnje sa naznačenim osnovnim parametrima zgrade - daje se obrazloženje o usvojenom tipu zgrade, sa glavnim njenim karakteristikama. Rešenje prirodnog i veštačkog osvetljenja radnih prostorija. Daje se položaj priključaka za snabdevanje energijom tehnološke opreme i transportnih uređaja sa naznačenom vrstom energije i količinama.

16. Situacioni plan preduzeća. Raspored objekata se crta u razmeri 1:500 ili 1:1000.

17. Usaglašavanje projekta sa zahtevima zaštite na radu. Prilog zaštite na radu.

18. Tehnički izveštaj sa tehničko ekonomskim pokazateljima i kritičkim osvrtom na dato rešenje. Upoređenje predloženog rešenja sa sličnim pogonima iz literature, ili postojećim pogonima. Tabelarni pregled pokazatelja.

2.02. Obavezni opšti prilozi u projektu

1. Dokaz da su za izgradnju obezbedjena finansijska sredstva.

2. Rešenje o registraciji radne organizacije, koja je izradila projekat.

3. Dokaz o izvršenoj tehničkoj kontroli investiciono-tehničke dokumentacije.

4. Rešenje o registraciji radne organizacije koja je izvršila tehničku kontrolu.

5. Dokaz o pravu korišćenja zemljišta na kome će se graditi objekat.

6. Dokaz o rešenim imovinsko-pravnim odnosima za katastarske parcele koje pokrivaju objekat:

- kopiju plana sa ucrtanim gabaritom objekta,
- rešenje o eksproprijaciji,
- rešenje o pravu korišćenja,

- izvod iz zemljišnih knjiga.

7. Protokol regulacije.

2.03. Uslovi za projektovanje

1. Urbanističko - tehnički uslovi.
2. Uslovi za priključak na mrežu vodovoda i kanalizacije.
3. Elektroenergetski uslovi.
4. Uslovi PTT-a za projektovanje.
5. Energetski uslovi.
6. Uslovi narodne odbrane za izgradnju skladišta.

2.04. Potrebne saglasnosti na investiciono-tehničku dokumentaciju od strane nadležnih organa i organizacija

1. Saglasnost Uprave za protivpožarnu zaštitu.
2. Saglasnost sanitarnog inspektora.
3. Ocena prilagodjenosti objekata potrebama narodne odbrane.
4. Saglasnost Sekretarijata narodne odbrane na projekte skloništa.
5. Saglasnost opštinskog komiteta za urbanizam.
6. Saglasnost nadležnog organa za vodoprivredu.
7. Saglasnost za projekat nadležne RO za vodovod i kanalizaciju.
8. Saglasnost komunalnog preduzeća.
9. Saglasnost Elektrodistribucije.
10. Saglasnost PTT saobraćaja.
11. Saglasnost nadležne RO za energetiku.
12. Saglasnost inspektora parnih kotlova.
13. Saglasnost nadležnog organa za zaštitu životne sredine.
14. Saglasnost Gradskog komiteta za saobraćaj.
15. Saglasnost Republičkog komiteta za saobraćaj.
16. Saglasnost za priključak industrijskog koloseka od ŽTP-a.
17. Saglasnost drugih RO ako već koriste dati železnički priključak.

2.05. Tehnološki projekat

Tehnološki projekat predstavlja konačno rešenje jednog procesa proizvodnje proizašlo iz analize različitih varijanti tehnološkog procesa uradjenih prema zahtevima definisanim u projektnom zadatku.

Postavljeni cilj i zahtevi investitora odredjuju obim projekta koji može da bude realizovan kao: glavni projekat, idejni projekat i idejno rešenje. Pri tome postupak realizacije projekta jednog investicionog objekta se razvija u više etapa, počev od grubih postavki i idejnog rešenja pa sve do

izvodjačkog projekta.

Izbor i proračun tehnološke i pomoćne opreme i njihov pravilan raspored, tehnološki i prostorni, predstavljaju jezgro tehnološkog projekta i za njihovo definisanje se po pravilu utroši veći deo vremena potrebnog za izradu projekta. Predloženi raspored opreme može da dovede do optimalnog rešenja samo ako se uvažavaju svi značajni faktori vezani za izvodjenje tehnološkog procesa i kretanje materijala kroz proces, a da pri tome budu zadovoljeni uslovi zaštite na radu, socijalni uslovi, zdravstveni uslovi, zaštita od požara itd.

Optimalni prostorni raspored mašina i opreme ne može se empirijski definisati i predstavlja niz istraživanja, proračuna i analiza, pri čemu se koriste različite metode u projektovanju, izboru i vrednovanju pojedinih alternativnih rešenja.

Izradi tehnološkog projekta je potrebno posvetiti posebnu pažnju zato što predstavlja osnovu za dalja projektovanja u toku realizacije investicijskog objekta, odnosno za definisanje projektnih zadataka drugih tehničkih projekata (arhitektonski, gradjevinski, energetski itd.).

Finalni deo tehnološkog projekta predstavlja dispozicioni plan sa ucrtanom opremom (LAYOUT), sa specifikacijama opreme i radne snage, projektnim zadacima za izradu drugih tehničkih projekata i tehničkim opisom. Ovaj plan prikazuje prostorni raspored mašina, postrojenja i radnih mesta koji treba da obezbedi optimalne proizvodne uslove i odgovarajuće ekonomske efekte proizvodnje.

2.06. Dokumentacija tehnološkog projekta

U ovom poglavlju će se dati osnovni sadržaj tekstualnog dela idejnog i glavnog projekta i način formiranja odgovarajuće grafičke dokumentacije.

2.06.01. Idejni projekat

Sadrži idejno rešenje tehnološkog procesa sa izborom i proračunom proizvodne i pomoćne opreme. Rešenje kretanja materijala kroz proizvodni sistem sa izborom i proračunom transportnih uređaja. Odredjivanje potrebnih površina i prostorni raspored odeljenja i radionica. Raspored opreme unutar pojedinih pogona. Rešenje problema uskladištenja. Specifikaciju proizvodne i pomoćne opreme sa naznačenim vrednostima pojedine opreme u ukupnim investicionim ulaganjima. Specifikaciju radne snage sa naznačenom kvalifikacionom strukturom. Projektna zadatke sa elementima potrebnim za izradu ostalih idejnih projekata u sklopu datog investicionog programa. Tehnički opis koji treba da obuhvati celokupan proizvodni proces sa osnovnim tehničko ekonomskim pokazateljima.

Crteži: Osnove i preseći objekta sa ucrtanom opremom (dispozicioni crteži - Layout) u razmeri 1:100 ili 1:200. U osnovi treba kotirati ukupne dužine i širine cele zgrade, pojedinih prostorija i otvora. Označiti kotu poda prizemlja sa + 0,00, pa prema tome dati visinske kote pojedinih spratova. Debelom isprekidanom linijom označiti mesta pojedinih preseka. U svakoj prostoriji upisati namenu i u zagradi upisati njenu površinu. Opremu crtati u razmeri i naznačiti odgovarajuću poziciju za svaki tip opreme. Sve pozicije mora da budu usaglašene sa specifikacijom opreme. Označiti kote glavnih transportnih puteva. Označiti položaj potrošača energije sa naznačenim količinama.

2.06.02. Glavni projekat

Glavni projekat predstavlja detaljno rešenje na osnovu koga mogu da se izvode radovi i oformi pogon. Izrađuje se na osnovu odobrenog Investicionog programa i idejnog projekta. Sadrži detaljnu razradu tehnološkog procesa proizvodnje; izbor i raspored opreme sa obzirom na njenu tehnološku povezanost i kretanje materijala kroz proces; detaljno rešenje unutrašnjeg transporta i skladištenja; konačno definisanje prostora; detaljnu specifikaciju radne snage i opreme sa predračunom investicionih ulaganja i tehnički opis.

Crteži: Dispozicioni crteži se formiraju na isti način kao i kod idejnog projekta i izrađuju se u razmeri 1:50. Osnovu glavnog projekta treba dopuniti arhitektonskim merama svih otvora. Kotirati osna rastojanja otvora, kotirati položaj i dimenzije stubova, izvršiti numeraciju stubova po horizontali i vertikalni, označiti tip i pravac otvaranja vrata, vrstu i nosivost podova. Oprema se ucrtava sa tačno odredjenim položajem u odnosu na građevinske elemente objekta i ucrtanim kotama položaja glavnih osa ili temeljnih zavrtneva, označava se gabarit temelja i ucrtavaju svi kanali i otvori sa naznačenim glavnim dimenzijama. Daju se podaci neophodni za definisanje temelja ukoliko se isti predviđaju i to: masa mašine ili uređaja, zahtevani tip temelja, način vezivanja za podlogu, dinamička opterećenja itd.

U okviru glavnog projekta se na posebnim osnovama ucrtavaju instalacije za razvod energije, sa kotiranim položajem pojedinih potrošača i naznačenim količinama koje se troše. Označavaju se mesta za lokalno otisavanje vazduha, daje sastav gasova ili zagađenog vazduha i njihova temperatura, koncentracija prašine i označavaju količine koje treba odvesti iz pogona.

2.07. Postupak projektovanja

Postupak projektovanja može da se sprovede na osnovu tačnog i svedenog programa proizvodnje, ili u slučaju proizvodne orijentacije prema karakterističnim težinskim grupama.

Tačni program proizvodnje sadrži potpunu tehničku dokumentaciju, tako da ovaj način projektovanja omogućuje detaljnu razradu tehnološkog dela projekta, izbor najpogodnije tehnologije za proizvodnju uz racionalno iskorišćenje raspoloživog fonda vremena, materijala, opreme i radne snage, a da se pri tome postižu zadovoljavajući ekonomski efekti.

Projektovanje prema tačnom programu se izvodi na osnovu detaljno razradjene tehnološke dokumentacije za proizvodnju svakog dela. Ovaj način projektovanja je dugotrajan i složen zato što se zahteva kompletna razrada tehničke i tehnološke dokumentacije, tako da se primenjuje kod izrade projekata radionica masovne i velikoserijske proizvodnje sa ograničenom nomenklaturom proizvoda (fabrike automobila, traktora, radijatora itd.).

Na slikama 2-1 do 2-3 je prikazan izgled tehnološke dokumentacije (tehnološka karta i operacione liste) za proizvodnju držača izvodne kutije elektromotora. Primer dat na slikama 2-4 do 2-10 obuhvata tehnološku dokumentaciju montaže pogonskih prednjih mostova traktora. Tehnološki postupak montaže diferencijala je dat na slikama 2-4 i 2-5; spojnice slobodnog hoda na slikama 2-6 i 2-7 i sklopa spojnice na slikama 2-8 i 2-9. Na slici 2-10 je prikazan dijagram procesa montaže (glavna montažna linija i linija za montažu podsklopova i sklopova). Na priloženom dijagramu su posebno označene pozicije za koje je priložen tehnološki postupak montaže.

Kod primene svedenog programa proizvodnje u projektovanju tehnološka dokumentacija se izrađuje samo za proizvode predstavnike i to na isti način kao i u prethodnom slučaju. Proces projektovanja se znatno skraćuje zato što je svaka grupa tehnološki sličnih delova zastupljena samo sa jednim predstavnikom. Vremena izrade ostalih proizvoda iz date tehnološke grupe se dobijaju postupkom svodjenja:

$$T_{xi} = K_{xi} \cdot T_p, \quad \text{gde je}$$

- T_{xi} - vreme potrebno za obradu i-tog komada iz date tehnološke grupe,
- K_{xi} - zajednički koeficijent svodjenja za i-ti komad, i
- T_p - vreme potrebno za izradu proizvoda predstavnika.

Za predstavnika grupe obično se bira proizvod koji je zastupljen u najvećoj količini i masi, a blizak je ostalim proizvodima u grupi po materijalu, tehnološkom procesu izrade, obliku i masi. Pri tome se dobijaju najtačniji rezultati kada se masa pojedinih komada iz date tehnološke grupe ne razlikuje više od 2 do 3 puta od mase proizvoda predstavnika.

Zajednički koeficijent svodjenja se određuje po obrascu:

$$K = K_1 \times K_2 \times K_3$$

gde je: K_1 - koeficijent svodjenja koji obuhvata odnos masa,

K_2 - koeficijent svodjenja koji obuhvata uticaj veličine serije, i

K_3 - koeficijent svodjenja koji obuhvata složenost izrade pojedinih komada.

Koeficijent K_1 se dobija iz odnosa mase delova date grupe i mase proizvoda predstavnika. Kada se radi o geometrijski sličnim delovima koeficijent K_1 se određuje iz obrasca:

$$K_1 = \left(\frac{g_x}{g_p} \right)^{2/3}$$

gde je:

g_p - masa dela proizvoda predstavnika

g_x - masa dela koji se svodi.

Ukoliko masa delova i dimenzije njihovih površina, koje se obradjuju, različito utiču na veličinu mašinskog i pomoćnog vremena, koeficijent K_1 se određuje po obrascu

$$K_1 = C_M \left(\frac{\sum g_x}{\sum g_p} \right)^{2/3} + C_P \left(\frac{\sum g_x}{\sum g_p} \right)^{1/3}$$

gde je:

$\sum g_p$ - zbir (neto) masa svih delova koji se obradjuju, proizvoda predstavnika,

$\sum g_x$ - zbir (neto) masa delova proizvoda koji se svodi,

C_M i C_P - koeficijenti koji određuju deo mašinskog i pomoćnog vremena za komad; za delove različite mase, serijnosti i za razne tipove mašinogradnje. Ovi koeficijenti se određuju iz normativa, slika 2-11 (I-pribori; II-laka mašinogradnja; III-srednja mašinogradnja; IV-teška mašinogradnja; 1 - pojedinačna i maloserijska proizvodnja; 2 - serijska proizvodnja; 3 - velikoserijska proizvodnja).

U datim formulama se uzima masa određenih komada.

Koeficijent K_2 / / se određuje po formuli

$$K_2 = \left(\frac{N_p}{N_x} \right)^m$$

gde je:

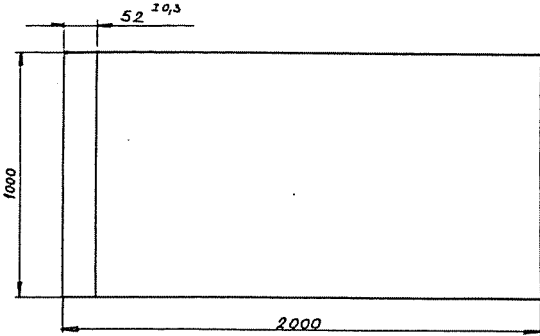
N_p - godišnji program u komadima dela proizvoda predstavnika

N_x - godišnji program u komadima za proizvod koji svodimo iz date grupe

m - koeficijent koji se određuje iz tablice 2-1.

OPERACIONA LISTA															Tip OKC 2-2/12	
ZA MAŠINSKI RAD															List	
Naziv dela					Naziv operacije					Materijal (JUS)						
DRŽAČ IZVODNE KUTIJE					SEČENJE U TRAKE					JUS C. B4. 016						
Broj dela		Broj crteža		Broj operacije		Radno mesto		Kvalitet		Dimenzija						
				10		MAŠINSKE MAKAZE L.K. VR. 01		Č. 0147 P4m		1,5						
Sredstvo za hlađenje										tz = 20 dmh						
Redni broj	Zahvat (cod)	n 0/mm	s mm/0	i br.	l mm	Tm	Tpm + Tpr	Alat i pribor								
								Broj zahv.	Sifra	Kosa, po. operac.	Pos.					
1.	PRIMVATANJE TABLE						5	PONIČNO NERILLO								
2.	POMERANJE TABLE DO GRANIČNIKA						10									
3.	ODSECANJE					2										
4.	ODLAGANJE						3									

Slika:



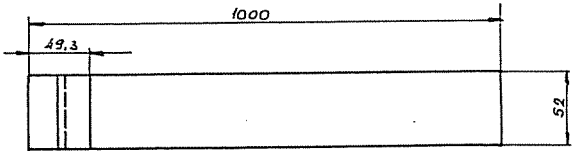
38 traka

32 x 20 = 760 kom.

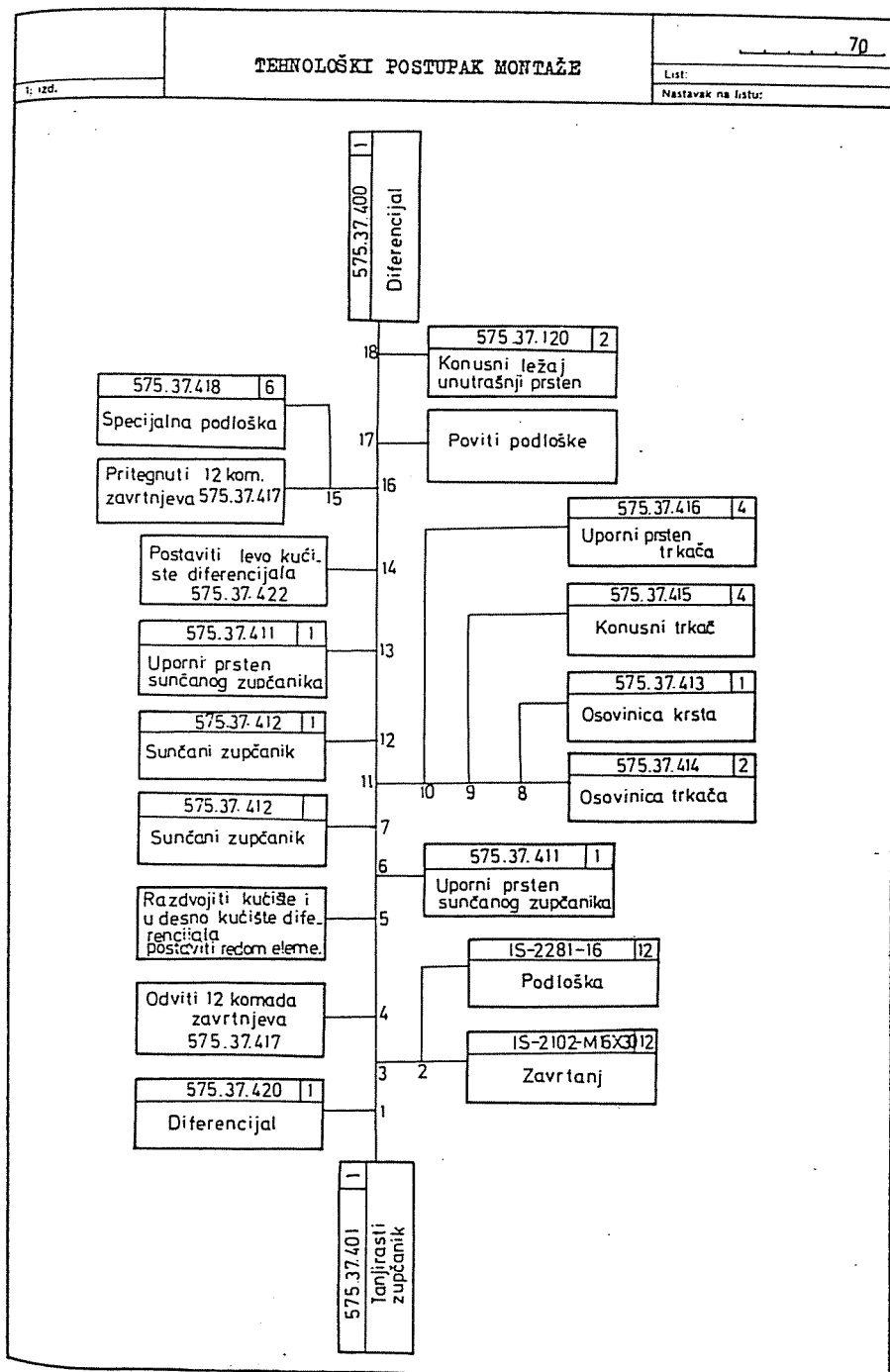
Zadatak															Sredstvo					Složenost u JKR	
Z ₁	Z ₂	Z ₃	Z ₄	Z ₅	Z ₆	Z ₇	Z ₈	Z ₉	Z ₁₀	Z ₁₁	Z ₁₂	Z ₁₃	Z ₁₄	Z ₁₅	Z ₁₆	S ₁	S ₂	S ₃	S ₄	ZS	
Složenost																					

Sastav.	Datum 1. 1. 1970.					Pregl.	Datum					Dobija	Odeljenje				
	Potpis Kovac Tomislav						Potpis						Primerak				

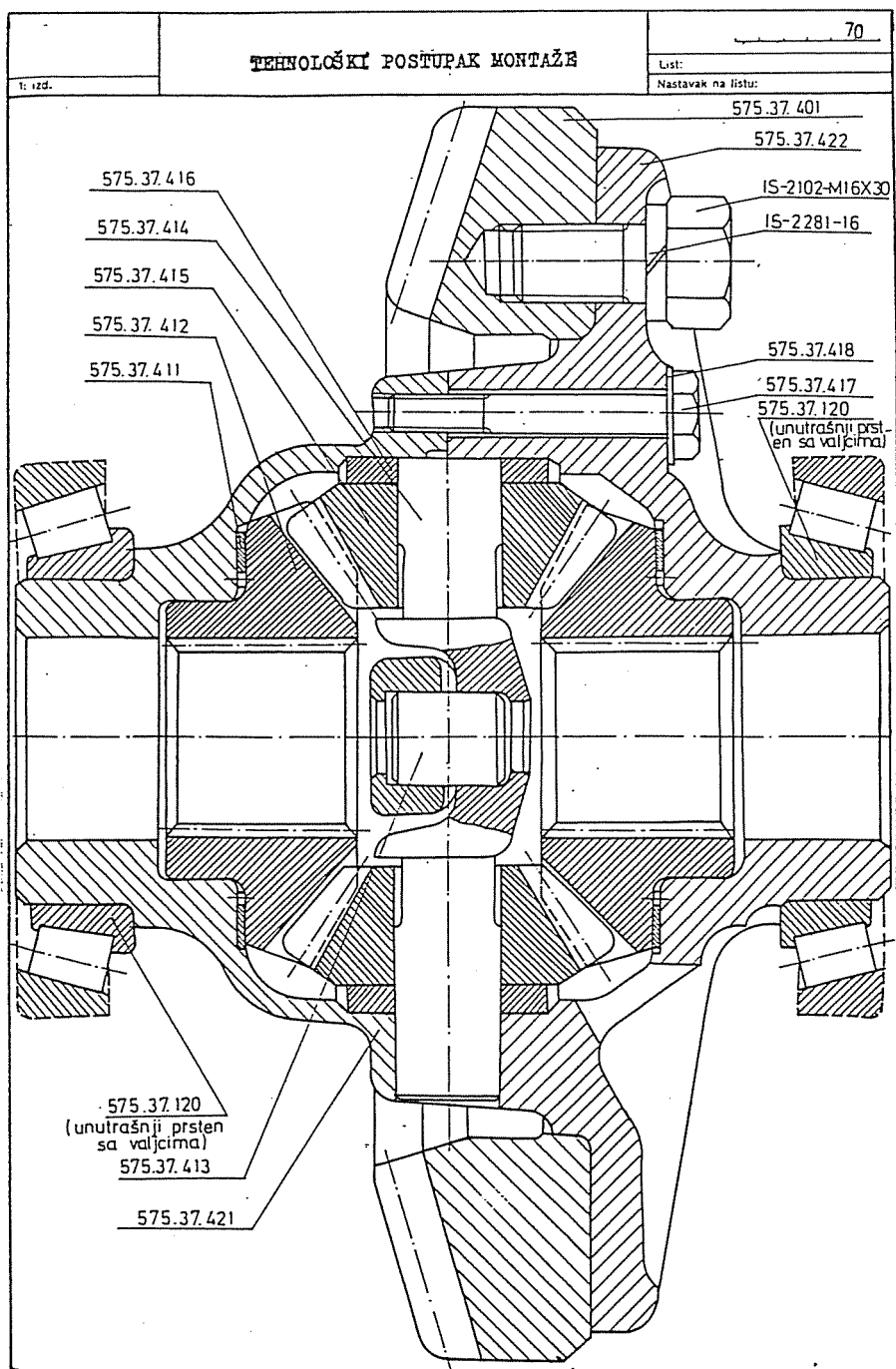
Slika 2 - 2

OPERACIONA LISTA												Tip <i>OKC2-2/12</i>									
ZA MAŠINSKI RAD												List									
Naziv dela				Naziv operacije				Materijal (JUS)													
DRŽAČ IZVODNE KUTIJE				ODSECANJE I SAVIJANJE				C. 84.016													
Broj dela		Broj crteža		Broj operacije		Radno mesto		Kvalitet		Dimenzija											
				20		EP 20 Mp L.K. VR. 02		Č.01.47P4m		1,5											
Sredstvo za hlađenje						tx = 17 dmh															
Redni broj	Zahvat (cod)	n 0/mm	s mm;0	i br.	l mm	Tm	Tpm + Tpr	Alat i pribor													
								Broj zahv.	Sifra	Količ. po operac.	Pos.										
1.	PRIHVATANJE TRAKE					6		KOMBINOVANI ALAT ZA ODSE- CANJE I SAVI- JANJE AL. VR. 02													
2.	POHERANJE TRAKE					5															
3.	ODSECANJE I SAVIJANJE					2															
4.	ODLAGANJE SANDU- KA SA GOTOVIN DELOVIMA					4															
Skica:  20 kom.																					
Zadatak																Sredstvo				Složenost u JKR	
Z ₁	Z ₂	Z ₃	Z ₄	Z ₅	Z ₆	Z ₇	Z ₈	Z ₉	Z ₁₀	Z ₁₁	Z ₁₂	Z ₁₃	Z ₁₄	Z ₁₅	Z _Σ	S ₁	S ₂	S ₃	S ₄	S _Σ	R=Z+S=
																				Složenost	
Sastav:		Datum 1. 8. 1970.				Pregled:		Datum				Dobija		Odeljenje							
Potpis <i>Lj. Radošević</i>						Potpis								Primerak							

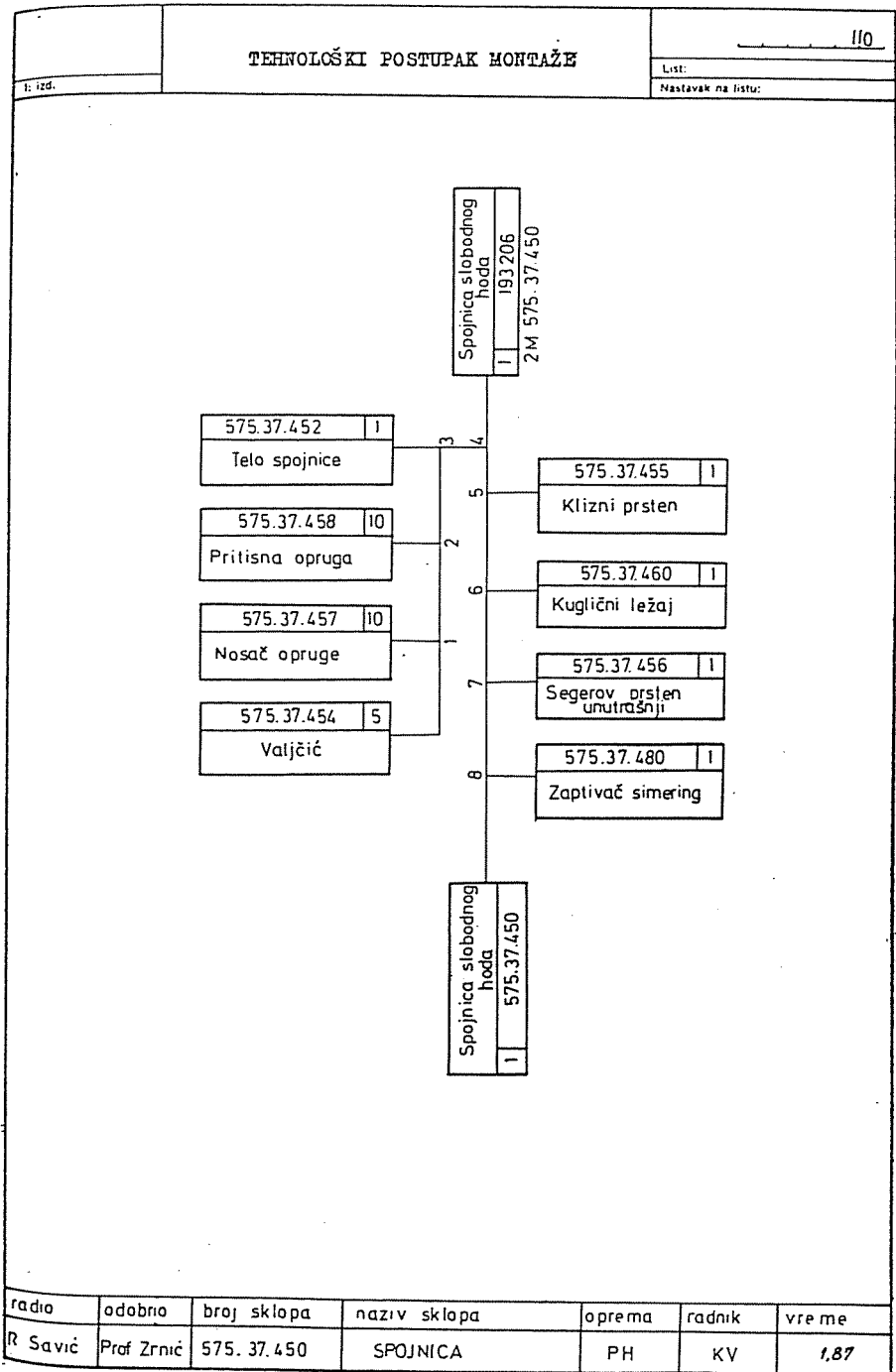
Slika 2 - 3



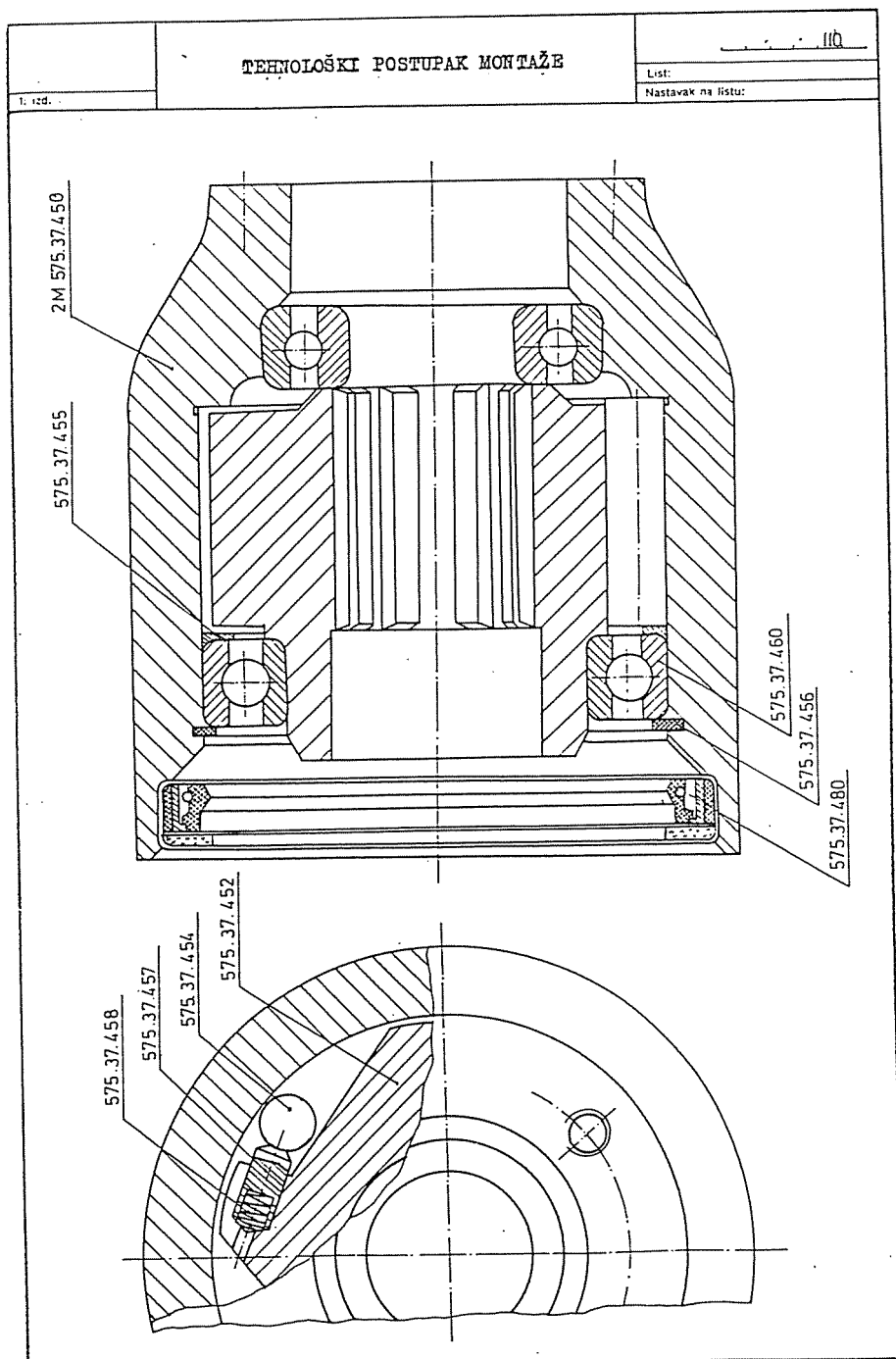
Slika 2 - 4



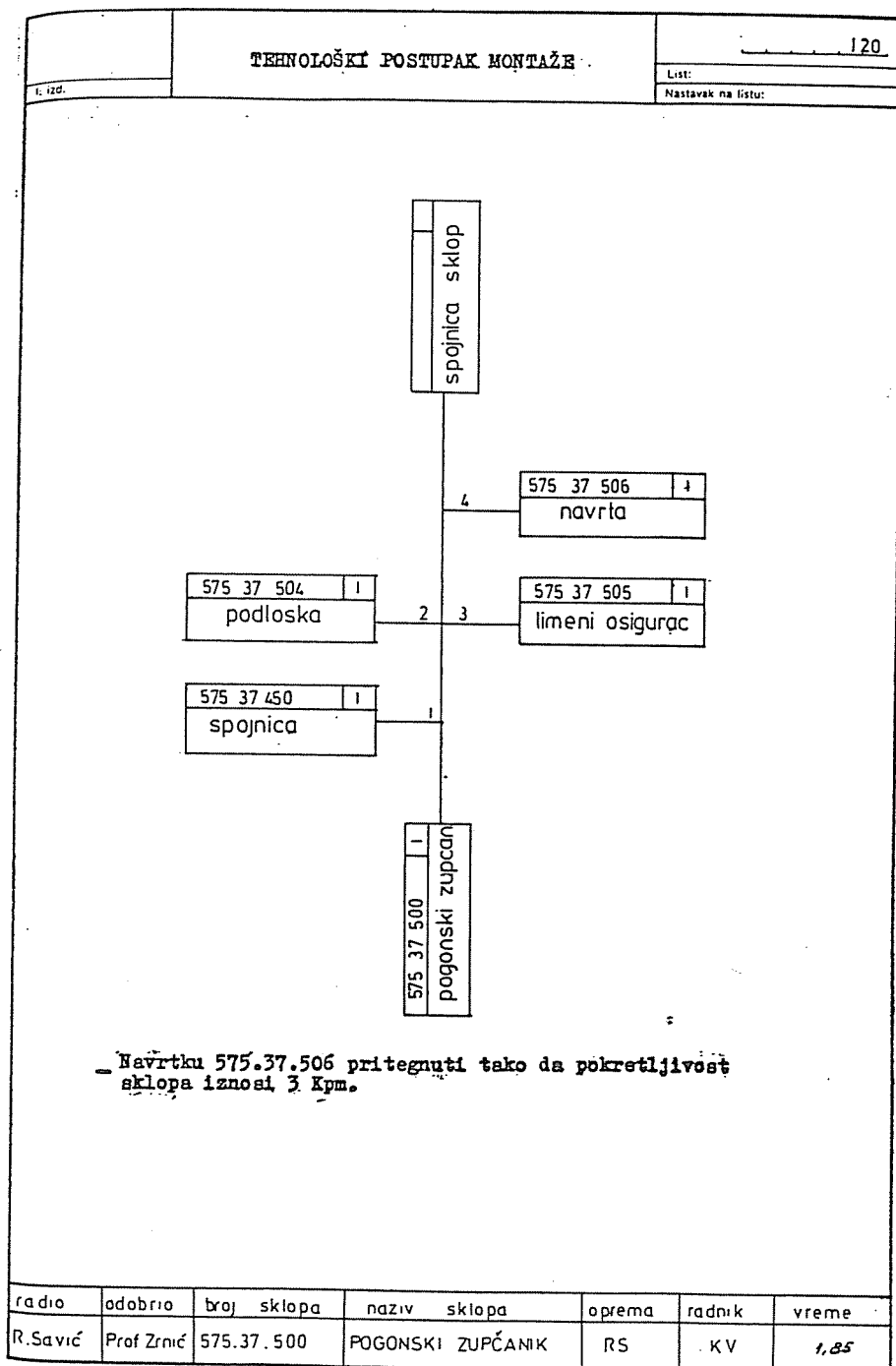
Slika 2 - 5



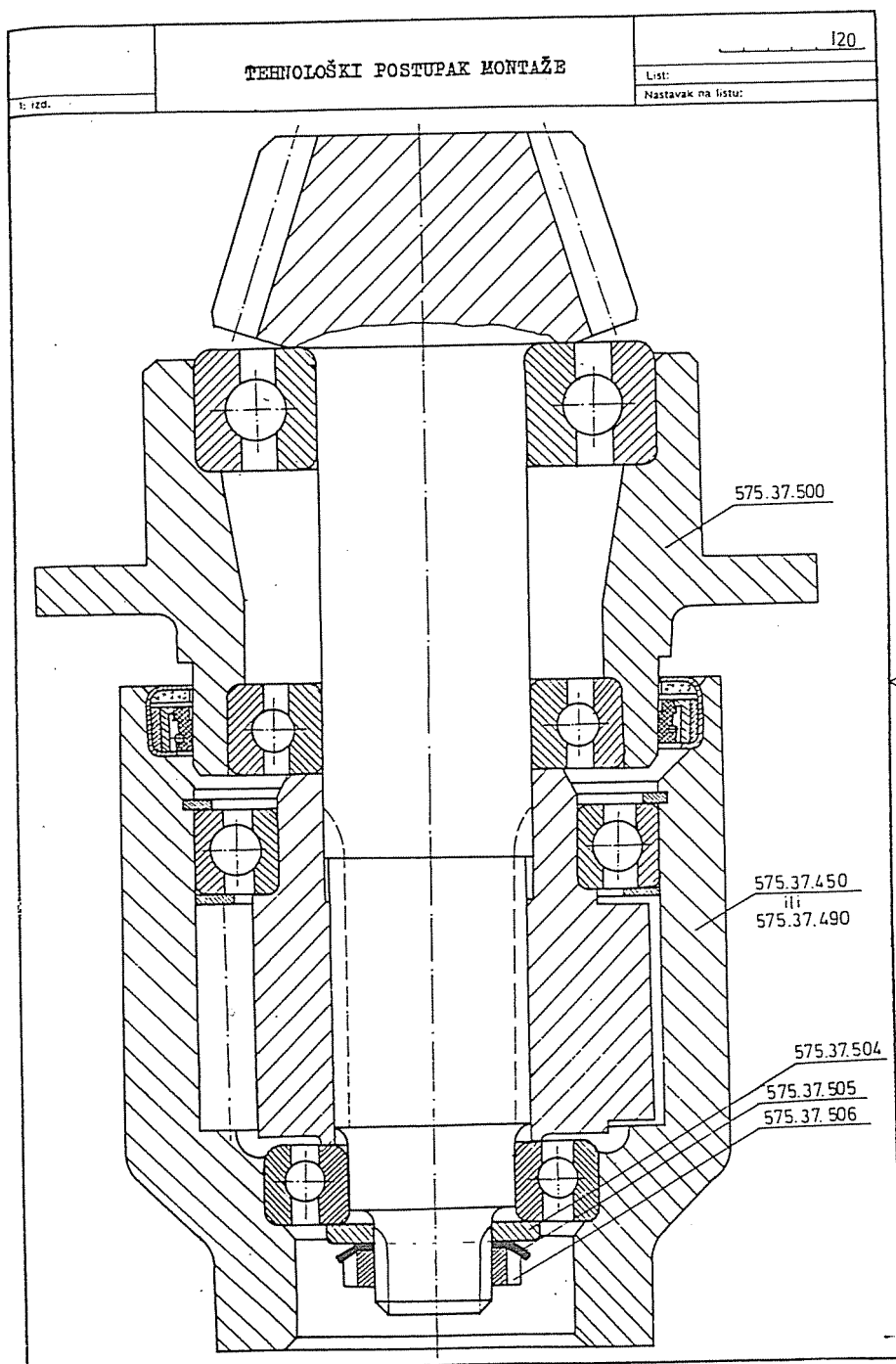
Slika 2 - 6



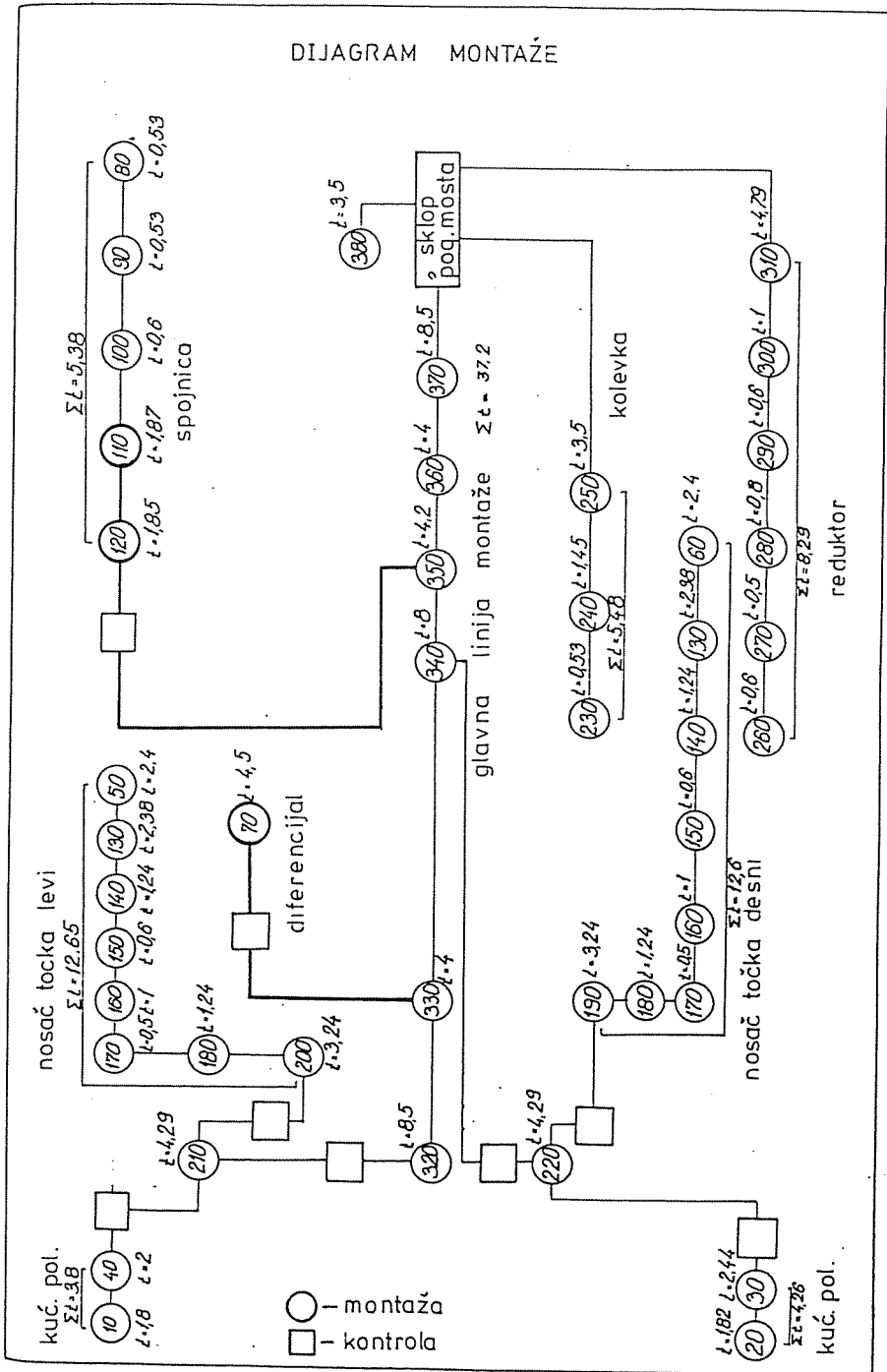
Slika 2 - 7



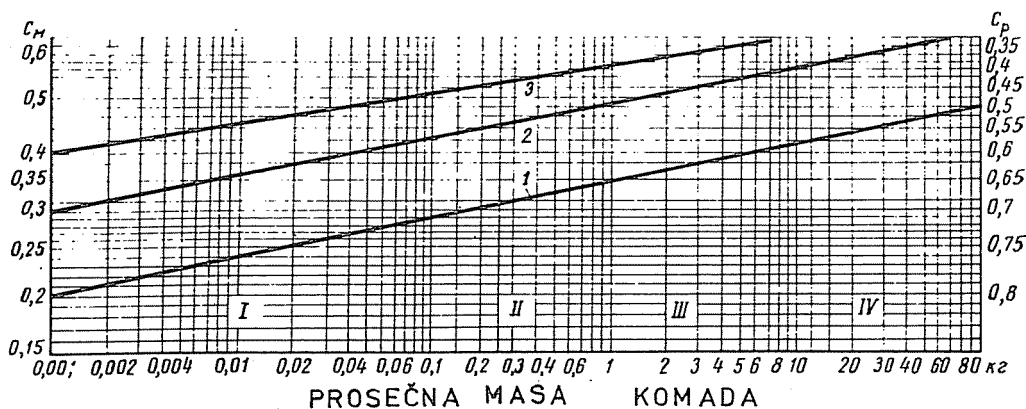
Slika 2 - 8



Slika 2 - 9



Slika 2 - 10



Slika 2 - 11

Tablica 2-1

Prosečna masa delova u (kg)	0,25	0,40	0,50	1,0	2,0	3,0
m	0,215	0,210	0,207	0,20	0,197	0,195

Prosečna masa delova u (kg)	4,0	5,0	6,0	7,0	8,0	9,0	10
m	0,193	0,190	0,188	0,187	0,186	0,185	0,184

Prosečna masa delova u (kg)	12	15	20	25	30	50	100
m	0,183	0,182	0,180	0,176	0,172	0,168	1,165

V. Sasov i M. Hramoj daju orijentacione veličine koeficijenta K_2 tablica 2-2 / 1 /.

Tablica 2 - 2

$\frac{N_p}{N_x}$	0,5	1,0	2,0	4,0	6,0	8,0	10,0
K_2	0,97	1,00	1,12	1,22	1,28	1,32	1,37

Imajući u vidu veliki broj faktora koji utiču na utrošak rada pri mašinskoj obradi komada, koeficijent K_3 se određuje na osnovu praktičnih iskustava. Pri tome, kod komada koji se proizvode treba voditi računa o pri -

menjenoj klasi tačnosti, čistoći obrade, pogodnosti izrade, obradljivosti materijala itd.

Pri projektovanju mašinskih i montažnih radionica serijske proizvodnje, po svedenom programu, za proizvode predstavnike se izradjuje celokupna tehnička dokumentacija, kao i kod sastavljanja tačnog programa. Za ostale proizvode se daju spiskovi redosleda tehnoloških operacija.

Pri izradi projekata fabrika jedinične proizvodnje umesto operacionih lista, sastavljaju se samo spiskovi redosleda tehnoloških operacija, sa naznačenom proizvodnom opremom, pomoćnim priborima, alatima i opštim normativima vremena po operacijama.

Svedeni program se sastavlja po tablici 2-3.

Projektovanje na osnovu svedenog programa proizvodnje se primenjuje u slučajevima kada je zadat raznovrstan asortiman proizvoda, najčešće u serijskoj proizvodnji, kao i kada se ne raspolaže potpunom dokumentacijom za sve proizvode.

Pri izradi idejnih rešenja i u početnoj fazi projektovanja, kada se želi da sagleda opšta problematika i dobiju osnovni parametri pogona koriste se tehničko ekonomski pokazatelji. Pri korišćenju ovih pokazatelja treba uvesti odgovarajuće korekcije, vodeći računa o mogućnostima primene novih tehnologija i novih tipova proizvodnje, transportne i pomoćne opreme. Pregled ovih pokazatelja je dat u poglavlju 1.

2.08. Režim rada

Izbor režima rada zavisi od rešenja tehnološkog procesa i osobenosti programa proizvodnje. Pri projektovanju treba težiti da se izabere najracionalniji režim rada, a to je onaj pri kome se postiže najmanja dužina ciklusa svih proizvodnih operacija. Kao posledica skraćenja ciklusa dolazi do visokog stepena iskorišćenja proizvodne i pomoćne opreme, radnih površina i ljudskog potencijala, pri niskoj ceni i dobrom kvalitetu proizvoda.

U fabrikama može da se primeni paralelni i stepenasti režim rada. U pojedinim slučajevima se kombinuju ova dva režima rada.

Pri paralelnom režimu rada proizvodnja je sinhronizovana, odnosno sva proizvodna odeljenja rade jednovremeno (na pr. operacije izrade delova i montaže sklopova se obavljaju u istoj smeni).

Ovaj režim rada se primenjuje u većini fabrika (mašinogradnja, procesna industrija, mehanizovane livnice serijske i masovne proizvodnje, itd.). Rad se obično organizuje u dve ili tri smene, da bi se racionalno iskoristila proizvodna i pomoćna oprema i transportna sredstva.

Stepenast režim rada je u suštini diskontinualan. Karakteriše se time što se na istoj površini u raznim smenama obavljaju razni proizvodni

Tablica 2 - 3

STVARNI PROGRAM										SVEDENI PROGRAM							
Redni broj	NAZIV PROIZVO- DA	Oznaka - tip	Tehničke karakteristike	Godišnja proizvod- nja (kom.)	Masa (kg)		Naziv proizvoda predstavnika	Koeficijenti svodjenja				Vreme iz- rad, po kom		Ukup.		Računska godišnja pr- oizvodnja (kom) (5) x (12)	Primerba
					Kom- ada	Ukup- no		K ₁	K ₂	K ₃	K	T _p	T _{xi}	(5) x (13) III (5) x (14)			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	

UKUPNO:

UKUPNO:

Napomena: Tablica može da se koristi tako što će se odrediti ukupno vreme obrade (rubrika 15), ili fiktivan broj proizvoda predstavnika (rubrika 16). Dalji postupak projektovanja se sprovodi korišćenjem tehnološke dokumentacije proizvoda predstavnika.

procesu po utvrđenom redosledu (na pr. u livnicama izrada kalupa u jednoj smeni, livenje i istresanje kalupa u drugoj smeni i sl.). Primjenjuje se u livnicama individualne i maloserijske proizvodnje i pri proizvodnji srednjih i velikih odlivaka složenog oblika (dugačak ciklus izrade), kod montaže složenih proizvoda velikog gabarita, u nekim radionicama za izradu čeličnih konstrukcija itd.

Prema broju smena rad u pogonima može da se obavlja u jednoj, dve ili tri smene. Pri tome trajanje jedne smene iznosi 6 do 8 časova. Broj smena zavisi od uslova koji proizilaze iz zahteva tehnološkog procesa i ekonomskih uslova korišćenja pojedinih pogona.

2.09. Fond vremena rada

Fond vremena rada predstavlja raspoloživo radno vreme za obavljanje korisnog posla u odredjenom vremenskom periodu. Ovaj fond vremena se dobija kada se od kalendarskog broja dana odredjenog vremenskog perioda (najčešće 1 godina) odbiju dani kada livnica ne radi (državni praznici, nedelje i neradne subote; $8 + 52 + 40 = 100$), tako da se dobija maksimalno mogući broj radnih dana u toku godine: $365 - 100 = 265$. Ukoliko se normativnim aktima radne organizacije predviđa kolektivni godišnji odmor (obično 21 dan) raspoloživo radno vreme iznosi: $265 - 18 = 247$ dana.

Efektivni broj radnih časova za rad u jednoj smeni iznosi:

$$T_f = D_r \cdot h - T_g, \quad \text{gde je}$$

D_r - raspoloživi broj radnih dana,

h - trajanje smene u časovima, i

T_g - vreme potrebno za generalne popravke mašina i uređaja; u proseku iznosi 50-150 h/god.; srednje i tekuće opravke po pravilu se obavljaju u smenama kada se ne radi.

2.10. Proračun proizvodne opreme

Izračunavanje potrebnog broja mašina i opreme za izvršenje zadatog proizvodnog programa zavisi od niza faktora od kojih su glavni sledeći: priroda proizvoda, dimenzije, oblik i masa, režim rada, raspoloživi fond vremena rada i projektovani tehnološki proces.

Proračun potrebnog broja mašina može da se izvrši na dva načina:

- grubo - na osnovu tehničko-ekonomskih pokazatelja o sličnoj proizvodnji (v. poglavlje 1), i
- detaljno - na osnovu tehnološke dokumentacije.

Potreban broj mašina na osnovu pokazatelja može da se izračuna po sledećim obrascima:

$$I_r = \frac{Q \cdot h}{T_f \cdot n}, \quad \text{ i } \quad I_r = \frac{Q}{q \cdot n}, \quad \text{ gde je}$$

I_r - računski broj mašina,

Q - obim proizvodnje u t/god,

h - prosečan broj mašinskih časova potrebnih za izradu 1 tone delova,

T_f - fond vremena rada mašina u časovima,

n - broj smena, i

q - prosečna godišnja proizvodnja jedne mašine u tonama, za rad u jednoj smeni.

Stvarni broj mašina u pogonu se dobija iz sledećih izraza:

$$I = \frac{I_r}{\eta}, \quad \text{ gde je}$$

η - prosečni koeficijent vremenskog iskorišćenja mašina (0,7 - 0,85, zavisno od tipa usvojene opreme).

Pri proračunu na osnovu tehničko-ekonomskih pokazatelja dobija se ukupni broj potrebnih proizvodnih mašina. Ovaj broj se zatim deli na pojedine tipove ili grupe mašina, koristeći se pri tome proporcionalnim učešćem pojedinih tipova ili grupa u ukupnom broju mašina. Procentualno učešće se određuje na osnovu dosadašnjih proizvodnih iskustava i projektantske prakse (tablica 2-4; numeričke vrednosti date su u %).

Kada postoji razradjen kompletan tehnološki postupak, potreban broj mašina se računa na osnovu tehnoloških karti (detaljan proračun). Ukupno vreme koje opterećuje pojedine mašine (T_u), uzima se iz zbirne liste sastavljene prema proizvodima, za sve operacije i sve tipove mašina (tablica 2-5). Potreban broj mašina (za dati tip) je dat izrazom:

$$I_{ri} = \frac{T_u}{T_f \cdot n}, \quad \text{ gde je}$$

T_u - ukupno vreme koje opterećuje pojedine mašine.

Stvarni broj mašina za pojedine tipove je dat izrazom:

$$I_i = \frac{I_{ri}}{\eta}, \quad \text{ gde je}$$

η - prosečni koeficijent vremenskog iskorišćenja datog tipa mašina.

Kod linijske proizvodnje gde se proces odvija prema redosledu tehnoloških operacija, broj mašina zavisi od broja operacija datog procesa i

Tablica 2 - 4

O P R E M A	Fabrike teških mašina (oprema za valjaonice, čeličane i visoke peći, teški čelci i prese, drobilnice, ekskavatori, reduktori itd.)				Hidraulične turbine	Parne i gasne turbine		Mehaničma dizalica srednosiv. (bez proizvod. reduk-tora	Armatura za hemis. i energet. postrojenja
	Izrada krupnih delova	Izrada sred. i sitnih delova	Izrada reduk-tora	Radionice mašinske obrade (bez izrad lo-patica)		Radionice za izradu lopati-ca			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Strugovi	26,0	27,0	17,0	31,5	30,0	6,0	25,0	20,0	
Revolver strugovi	1,5	14,0	3,5	1,0	5	-	10,0	17,0	
Automati i poluautomati	-	2,0	1,5	-	1,0	-	7,0	10,0	
Karuseli	7,5	7,0	12,0	11,0	11,5	2,0	6,0	7,0	
Horizontalne bušilice	18,0	9,0	7,0	19,5	9,0	-	3,0	4,5	
Dugohode rendisaljke i portalne glodalice	15,0	7,0	7,0	4,0	4,0	-	1,0	1,0	
Vertikalne rendisaljke i mašine za provlačenje	3,0	3,5	3,0	3,5	2,0	0,5	3,0	1,0	
Glodalice	9,0	9,5	6,5	10,5	11,5	59,0	9,0	9,5	
Bušilice radijalne, vertikalne i viševretene	11,0	11,0	7,5	10,0	10,5	4,0	18,0	13,5	
Mašine za kružno i unutrašnje bušenje	3,0	3,5	3,5	2,5	3,5	27,0	5,5	3,5	
Mašine za ravno brušenje	1,0	1,5	3,5	-	1,0	27,0	1,0	1,0	
Mašine za pretodnu i završnu obradu zupčani-ka	-	-	28,0	2,0	7,0	-	4,5	2,0	
Ostale mašine	5,0	5,0	3,5	4,5	4,0	1,5	7,0	10,0	

tehnološkog vremena potrebnog za izvodjenje pojedinih operacija. Potreban broj mašina se izračunava po obrascu:

$$I = N_o + \sum (I_i - 1), \quad \text{gde je}$$

N_o - broj operacija, definisan tehnološkim postupkom, koji se iz - vodi na datoj liniji,

I_i - stvarni broj mašina na i-toj operaciji; gde je $I_i = I_{ri} / \eta$.

Potreban broj mašina za izvodjenje i-te operacije na liniji se izra - čunava iz izraza:

$$I_{ri} = \frac{t_{ki}}{T_c}, \quad \text{gde je}$$

t_{ki} - vreme potrebno za izvodjenje i-te operacije, i

T_c - takt proizvodnje.

2.11. Proračun radnih mesta u montažnim radionicama

Obim montažnih radova se određuje iz tehnološke dokumentacije za sklapanje proizvoda (v. slike 2-4 do 2-9), ili na osnovu pokazatelja:

- vremena montažnih radova za 1 t mase proizvoda, ili
- u procentima od obima mašinske obrade.

Ukupno vreme potrebno za montažu jednog proizvoda iznosi:

$$T_{mon} = \sum t_1 + \sum t_2 + \sum t_3$$

gde je:

$\sum t_1$ - obim bravarskih radova (priprema)

$\sum t_2$ - obim radova delimične montaže (montaža pojedinih podsklopova i sklopova)

$\sum t_3$ - obim radova finalne montaže proizvoda.

U tablici 2-6 su date prosečne vrednosti vremena u % za pojedine vrste montažnih radova, zavisno od tipa proizvodnje.

Tablica 2-6

VRSTA MONTAŽNIH RADOVA	TIP PROIZVODNJE				
	Pojedi - načna	Malose- rijska	Serij- ska	V. ser- ijska	Maso- vna
Bravarski radovi	25 - 30	20 - 25	15 - 20	10 - 15	-
Montaža podsklopova i sklopova	5 - 10	10 - 15	20 - 30	30 - 40	45 - 60
Finalna montaža	60 - 70	60 - 70	50 - 65	45 - 60	40 - 55

Potreban broj radnih mesta (za stacionarnu montažu) je dat izrazom:

$$I_{ri} = \frac{T_{mon}}{T_{fr} \cdot n \cdot k}$$

gde je:

T_{mon} - ukupni obim montažnih radova u časovima,

T_{fr} - fond vremena rada na radnom mestu u časovima,

n - broj smena, i

k - prosečan broj radnika koji jednovremeno učestvuju na obavljanju date operacije.

Kod linijske montaže potreban broj radnih mesta se određuje analogno kao i potreban broj mašina u linijskoj proizvodnji.

Proračun radnih mesta i potrebnog broja radnika na montaži se sprovodi tabelarno (tablica 2-7).

U tablici 2-8 dat je primer odnosa obima radova (izražen u %) montažnih i mašinskih operacija za pojedine proizvode.

Tablica 2 - 8

NAZIV PROIZVODA		TIP PROIZVODNJE	$\frac{T_{mon}}{T_{maš}} \cdot 100 \%$
Automobil. motori		masovna	21 - 33
Teretni automobili			30 - 35
Traktori			30 - 35
Putnički automobili			35 - 45
Poljoprivr. mašine		vel. serijska	40 - 60
Mašine za obradu metala rezanjem	srednje	serijska	40 - 60
	teške	vel. serijska	35 - 55
Oprema za valjaon.		pojedinačna i maloserijska	65 - 80
Maš. za kov. i pres.			35 - 50
Mostovske dizalice		maloserijska	60 - 65
			50 - 60

2.12. Proračun radne snage

Potreban broj proizvodnih radnika se određuje na osnovu ukupnog vremena potrebnog za izradu godišnje količine delova, ili kod orijentacionih proračuna na osnovu tehničkih pokazatelja (v. poglavlje 1). Proračun radne snage se izvodi po obrascu:

$$R = \frac{T_u}{T_{fr} \cdot S}$$

gde je:

- R - potreban broj radnika za datu operaciju (proces),
 T_u - ukupno vreme potrebno za izvodjenje pojedinih operacija u (h),
 T_{fr} - stvarni fond vremena radnika u časovima (sa odbitkom za godišnji odmor, bolovanje, i sl.),
 S - broj mašina koje posluhuje jedan radnik jednovremeno.

Potreban broj proizvodnih radnika može da se odredi i na osnovu usvojenog broja mašina iz obrasca

$$R = \frac{T_f \cdot n \cdot I \cdot \eta_{sr}}{T_{fr} \cdot S}$$

gde prosečan broj mašina (S) koje opslužuje jedan radnik iznosi:

- | | |
|--|-----------|
| - u radionicama masovne proizvodnje | 1,5 - 2,5 |
| - u radionicama velikoserijske proizvodnje | 1,5 - 1,8 |
| - za poluautomatske strugove | 1,5 - 2,0 |
| - za automatske strugove | 2,5 - 4,0 |

Prosečan broj radnika mašin-bravara u mašinskim radionicama u procentima od broja proizvodnih radnika koji rade na mašinama iznosi:

- | | |
|--|---------|
| - za radionice serijske proizvodnje | 3 - 5 % |
| - za radionice masovne i vel. serijske proizvodnje | 1 - 2 % |

Prosečan broj radnika koji radi na opsluživanju proizvodnje u mašinskim radionicama (radnici koji rade na pripremi i podešavanju mašina, alatničari, radnici koji rade na remontu i održavanju mašina, transportni radnici, radnici zaposleni u skladištima i dr.) u procentima od ukupnog broja proizvodnih radnika za pojedine fabrike iznosi:

- | | |
|--|-----------|
| - fabrika opreme za metalurgiju (maloserijska proizvodnja) | 35 - 50 % |
| - fabrika dizel motora (serijska proizvodnja) | 40 - 55 % |
| - fabrika dizalica (maloserijska proizvodnja) | 30 - 40 % |

Broj potrebnih radnika za stacionarnu montažu pojedinih sklopova, ili završnu montažu proizvoda, se određuje po formuli:

$$R = \frac{T_{mon}}{T_{fr}}$$

gde je:

- T_{mon} - ukupni obim montažnih radova (za montažu pojedinih sklopova ili finalnu montažu proizvoda u časovima),
 T_{fr} - stvarni fond vremena radnika u časovima.

Broj radnika kod linijske montaže za svaku montažnu operaciju iz -
nosi:

$$R = \frac{T_{oi}}{T_c}$$

gde je:

T_{oi} - vreme date operacije,

T_c - takt montaže,

Potreban broj radnika u montažnim radionicama može da se orijentaciono odredi iz tablice 2-9.

Tablica 2 - 9

NAZIV PROIZVODA	TIP PROIZVODNJE	Odnos broja pomoćnih radnika prema proizvodnim u (%)
Automobili i traktori	Masovna	20 - 30
Ležišta		30 - 40
Reduktori	Ser. i v. serijska	30 - 35
Oprema za dizalice	Maloserijska i serijska	25 - 40
Oprema za metalurgiju		30 - 45
Dizel motori		30 - 45

Broj zaposlenih u upravi, razvoju, tehničkim biroima, pripremi, administraciji itd. iznosi 12-20% od ukupnog broja svih radnika. Proračun broja radnika (određivanje sastava radne snage) se sprovodi tabelarno po odeljenjima, smenama i stepenu stručnosti.

2.13. Proračun potrebnih površina

Površine fabrika možemo da podelimo na sledeće kategorije:

- proizvodne (osnovne radionice),
- odeljenja, radionica i postrojenja za opsluživanje proizvodnje i obezbedjenje uslova rada,
- opštih službi (upravna zgrada, biroi, restoran društvene ishrane, zdravstvena stanica, odeljenja sanitarne tehnike itd.).

Proizvodna površina obuhvata prostor radionice potreban za postavljanje:

- proizvodne opreme (radnih mesta),
- pomoćne opreme,
- uređaja za manipulaciju i transport,
- međufaznih skladišta, i
- prolaza između opreme i radnih mesta unutar odeljenja.

Površine proizvodnih odeljenja se određuju na osnovu gabaritnih mera proizvodne i pomoćne opreme, veličine radnih mesta, propisanih rastojanja između mašina (radnih mesta) i preporučenih mera za prolaze i manipulaciju, zavisno od vrste i obima proizvodnje i usvojenog rešenja unutrašnjeg transporta.

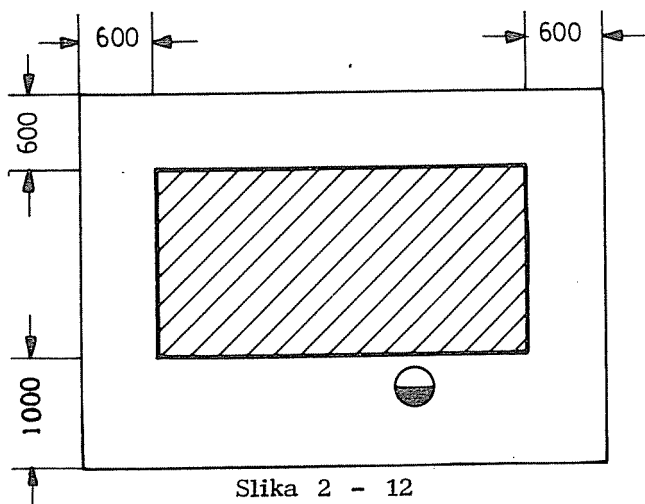
Za određivanje proizvodnih površina mašinskih radionica, u početnom stadijumu projektovanja (izrada idejnih projekata) koriste se koeficijenti popravke kojima se množi "osnovna" površina mašine. Osnovna površina mašine se dobija tako što se površina mašine dobijena iz kataloga proizvođača (uzima se pravougaonik datih gabaritnih mera) uvećava sa strane opsluživanja za 1.000 mm, a sa ostalih strana po minimum 600 mm (slika 2-12). Potrebna površina za postavljanje date mašine je data izrazom:

$$A_{mi} = A_{osi} \cdot f_i$$

gde je:

A_{osi} - osnovna površina mašine

f_i - koeficijent poravke (tablica 2-10).



Slika 2 - 12

Tablica 2 - 10

Osnovna površina mašine (m^2)	Koeficijent popravke
veći od 16	2
12 do 16	2,5
4 do 12	3
manji od 4	4

Ukupna površina koju zauzimaju mašine jedne radionice, uključujući prostor potreban za opsluživanje, održavanje i popravke, odlaganje delova ili transportnih jedinica, manipulaciju materijalom, prolaze između mašina i sigurnosnu površinu, je data izrazom (površina ne obuhvata glavne transportne puteve):

$$A_M = \sum_{i=1}^n A_{mi}$$

gde je n broj mašina u pogonu.

Potrebno je napomenuti da ovaj proračun daje približne rezultate zato što je uvedena pretpostavka da je osnova svih mašina pravougaona, tako da u glavnom projektu treba detaljno analizirati strukturu svih potrebnih površina.

Za orijentacione proračune površina montažnih radionica mogu da se koriste podaci dobijeni iz projekata već izvedenih objekata. Dat je odnos površine montaže prema površini pogona mašinske obrade. Prosečne vrednosti ovoga odnosa iznose:

- za pojedinačnu i maloserijsku proizvodnju	50 - 70 %
- za serijsku proizvodnju	25 - 40 %
- za masovnu proizvodnju	18 - 25 %

Procena potrebnih površina može da se izvrši primenom pokazatelja "specifične površine". Ovaj se pokazatelj odnosi na prosečnu vrednost potrebne površine u m^2 za jednu mašinu, odnosno radno mesto.

Vrednosti ovih pokazatelja /12/ za pojedine radionice date su za mašinske radionice u tablici 2-11 i za montažne radionice u tablici 2-12.

Površine odeljenja, radionica i postrojenja za opsluživanje proizvodnje i obezbedjenje uslova rada obuhvataju pomoćna odeljenja i radionice, postrojenja za proizvodnju i raspodelu energije i postrojenja koja obezbeđuju potrebne uslove za rad, uključujući glavne prolaze između pojedinih odeljenja ili radionica smeštenih u jednoj zgradi i prolaze za slučaj požara. Površine se određuju planiranjem predviđene opreme i radnih mesta na osnovu proračuna po tehnološkim normama projektovanja, ili pomoću pokazatelja.

Pri prethodnom određivanju (grubom proračunu) veličine pomoćnih površina možemo da dobijemo iz pokazatelja ukupne specifične površine. Veličina pomoćne površine iznosi znatan deo ukupne površine (30 - 60 %), tako da treba obratiti posebnu pažnju na dimenzionisanje i postavljanje pomoćnih odeljenja i prolaza. Široki i dugi hodnici, predimenzionisana stepeništa i sanitarni objekti, suvišni prostori i dr. predstavljaju nevešta rešenja i povećavaju ukupnu površinu.

Tablica 2 - 11

Prosečna vrednost specifične površine u (m ²) na 1 proizvodnu mašinu za mašinske radionice sledećih proizvodnih programa	Za proizvodna odeljenja	UKUPNA (za proizvodna i pomoćna odeljenja)
Motori za automobile i traktore	15 - 17	21 - 24
Šasije za traktore i automobile	12 - 16	18 - 23
Prenosnici za automobile	11 - 13	16 - 18
Kuglični ležajevi	14 - 16	21 - 25
Strugovi srednje veličine	17 - 20	24 - 28
Velike glodalice	20 - 22	30 - 35
Mašine za kružno brušenje	17 - 20	25 - 30
Ekskavatori	65	90
Parne turbine velike snage (bez lopatica)	60 - 73	80 - 95
Parne turbine male snage (bez lopatica)	-	45 - 65
Turbinske lopatice	21 - 23	28 - 30
Velike hidraulične turbine	-	140 - 200
Mali dizel motori	-	18 - 21
Armatura za hemijska i energetska postrojenja	-	25 - 28
Sitna armatura	-	18 - 20
Mostovske dizalice srednje i velike nosivosti	30 - 50	40 - 65
Mali reduktori	20 - 23	28 - 30
Srednji reduktori	30 - 45	40 - 60
Veliki reduktori	55 - 65	75 - 85
Oprema za valjaonice, metalurgiju, kovačnice i preseraje:		
- za velike mašine	145	170
- za srednje i male mašine	60	75

Tablica 2 - 12

Vrsta proizvoda (montaža)	Specifična površina u m ²
Kamioni nosivosti do 5 t	
- montaža motora i menjača	18
- ukupna montaža vozila	26
Traktori sa gusenicama	20 - 25
Mašine alatke	18 - 25
Motori, pumpe, kompresori	18 - 25
Dizel motori (40 KW)	18
Dizalice	35 - 50
Lokomotive	60

2.14. Površine pomoćnih odeljenja i radionica

Odeljenje za pripremu materijala služi za odsecanje, zabušivanje otvora za centrisanje pri obradi na strugu, grubo struganje itd. Broj potrebnih mašina za operacije pripreme materijala određuje se prema tehnološkom procesu na isti način kao i za pogone mašinske obrade.

Pri planiranju opreme odeljenja za pripremu treba obratiti pažnju da se na mašinama često radi sa dugačkim materijalom i da pored mašina treba predvideti slobodan prostor za smeštanje materijala i polufabrikata. Specifična površina po jednoj mašini (zajedno sa prolazima) obično iznosi 25 - 30 m².

Ovo odeljenje se postavlja u sklopu skladišta metala (obično kod manjih radionica) ili kao zasebni pogon. Često rad odeljenja za pripremu materijala treba potpuno uklopiti u tehnološki proces proizvodnje.

Odeljenje tehničke kontrole služi za kontrolu delova izradjenih u odeljenju mašinske obrade, pojedinih sklopova u odeljenju montaže i finalnih proizvoda. Kontrolna mesta u pogonu mašinske obrade obično se postavljaju na kraju procesa, ispred medjufaznog skladišta gde se čuvaju delovi do montaže. U pogonima se često predviđa i medjuoperaciona kontrola. Na pojedinim mestima se postavljaju kontrolni punktovi između mašina.

Površina kontrolnog odeljenja se određuje zavisno od broja kontrolora i potrebne opreme, pri čemu se uzima da je potrebno 6 - 8 m² za jednog kontrolora.

Prosečan broj kontrolora, dat u procentima od ukupnog broja proizvodnih radnika u mašinogradnji iznosi 2 - 6 %.

Odeljenje za oštrenje alata služi za centralizovano brušenje i glaćanje raznih alata. Postavlja se zajedno sa odeljenjem za izdavanje alata i priručnim skladištem alata. U tablici 2-13 su dati orijentacioni podaci za određivanje broja mašina i specifične površine za odeljenja za oštrenje i remont alata.

Remontno odeljenje služi za održavanje proizvodne i pomoćne opreme, male i srednje tekuće opravke i obavljanje svih radova koji su vezani sa opsluživanjem tekuće proizvodnje. Za približno određivanje površine odeljenja za remont može da posluži tablica 2-14.

2.15. Odredjivanje funkcionalnih površina

Pri odredjivanju površina za postavljanje proizvodne opreme u radionicama, osnovna projekcija mašine se najčešće crta u obliku pravougao - nika. Površina radnog mesta se dobija postavljanjem novih površina sa sve četiri strane osnovnog pravougaonika, a da pri tome nisu detaljno poznata

Tablica 2 - 13

Naziv odeljenja	Broj mašina alatki koje se opslužuju.	Broj mašina u odeljenju	Spec. površina na 1 mašinu u odeljenju
Odeljenje za oštrenje alata	do 50	3	8 - 10 [✱]
	100 - 150	4 - 6	
	150 - 200	6 - 9	
	200 - 300	9 - 13	
	300 - 400	13 - 17	
	400 - 500	17 - 21	
	500 - 600	21 - 25	
Odeljenje za remont alata i pribora	100 - 200	4	17 - 22 [✱]
	200 - 300	5	
	400	6	
	500	7	
	600	8	

✱ Veće vrednosti specifične površine se odnose na radionice sa manjim brojem mašina.

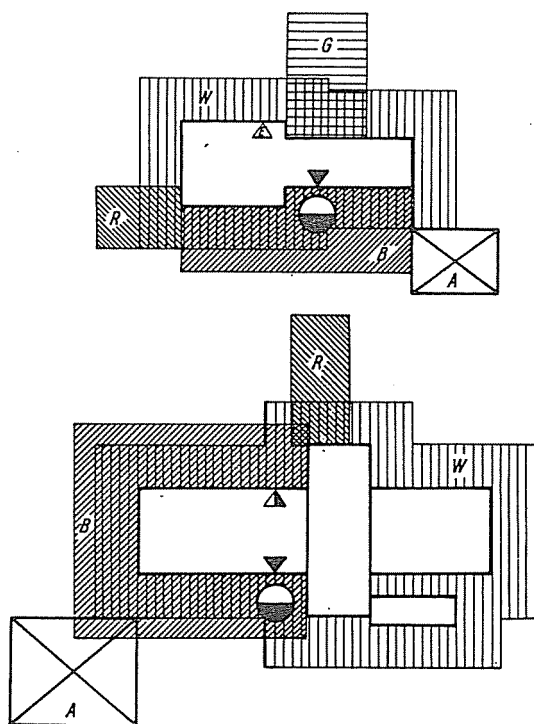
Tablica 2 - 14

Broj kom. proizvodne i pomoćne opreme u fabrici	Broj mašina remont. odelj.	Površina remont. odeljenja u m ²
100	2	54 - 56
150	3	80 - 85
300	6	160 - 165
500	9	225 - 235
600	10	250 - 260
Napomena: Ovi normativi ne obuhvataju skladište rezervnih delova.		

funkcionalna svojstva mašine. Ukoliko osnova mašine znatno odstupa od pravougaonika, ovakav način predstavljanja dovodi do pogrešnih rezultata.

Kod izrade glavnih projekata u cilju racionalnog korišćenja radnog prostora potrebno je detaljno poznavanje svih funkcionalnih površina (za opsluživanje, održavanje, odlaganje delova ili transportnih jedinica, popravku, itd.), kao i drugih faktora koji utiču na veličinu ukupne površine (dimenzije i masa radnog predmeta, proces, odlaganje komada na radnom mestu, vrsta transporta, organizacija proizvodnje itd.).

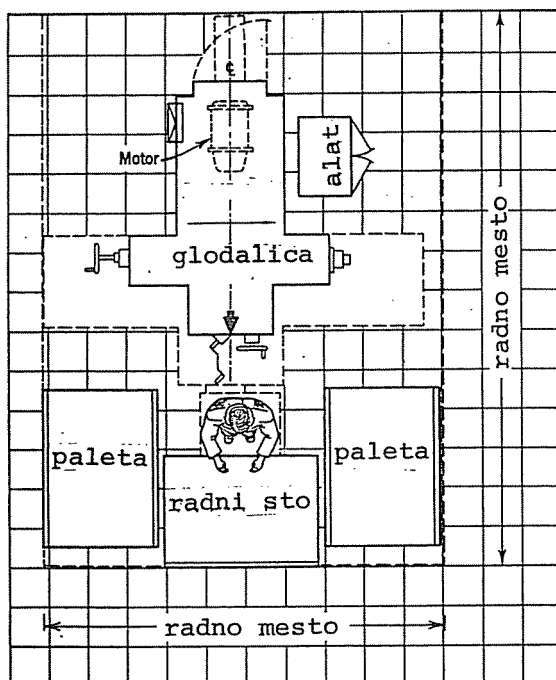
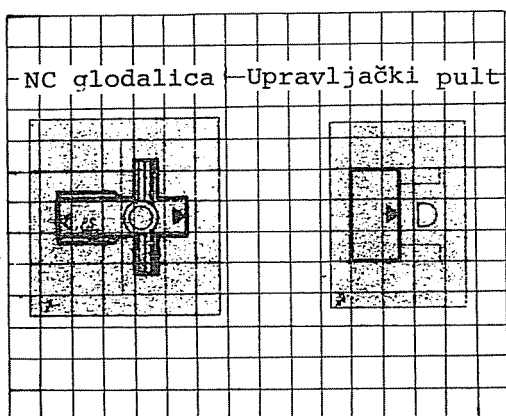
Na slici 2-13 su označene funkcionalne površine za strug i rendi-saljku /56/. Na slici 2-14 je prikazan izgled radnog mesta za obradu delova na glodalici. Na slici 2-15 je dat primer označavanja funkcionalnih površina za hidrauličke makaze MG 3100/16-20 "Jelšingrad"), a na slici 2-16 univerzalnog struga PA-B-30 ("Potisje") /26/.



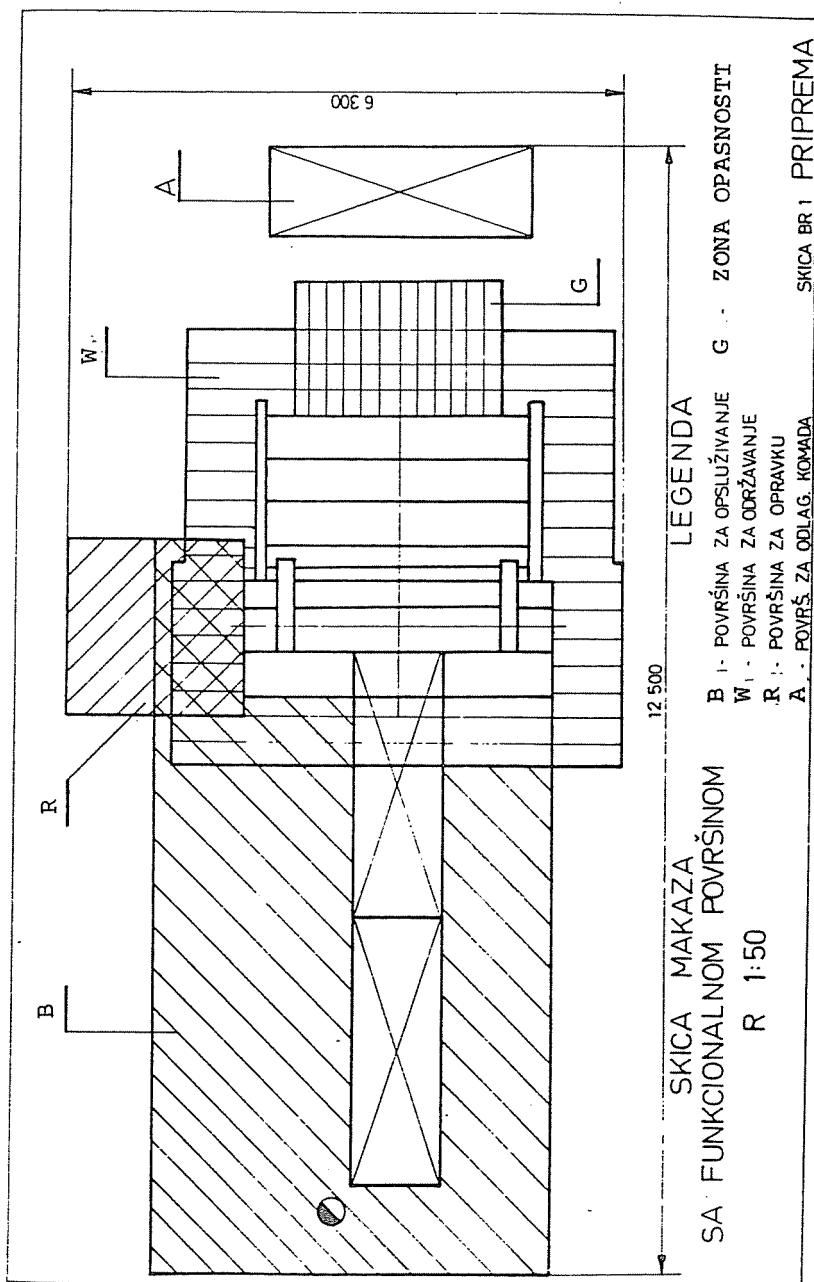
Oznake na slici 21-13:

- opsluživanje mašine (B),
- održavanje (W),
- popravke (R),
- odlaganje materijala (A), i
- zona opasnosti (G).

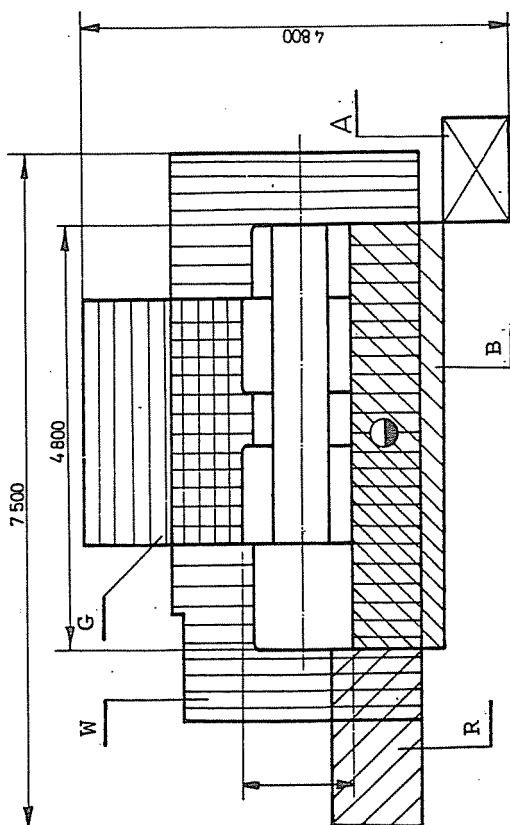
Slika 2: - 13



Slika 2 - 14



Slika 2 - 15



LEGENDA

- B POVRŠINA ZA OPSLUŽIVANJE
- W POVRŠINA ZA ODRŽAVANJE
- R POVRŠINA ZA OPRAVKU
- A POVRŠINA ZA ODLAGANJE
- G RADNIH KOMADA
- G ZONA OPASNOSTI

SKICA BR. 2

MAŠINSKO ODELJENJE

SKICA STRUGA
SA FUNKCIONALNOM POVRŠINOM

R 1:50

3. L A Y O U T

Osnovni cilj izrade tehnološkog projekta je da se razvije proizvodni sistem koji će da zadovolji zahteve u kapacitetu i kvalitetu na najekonomičniji način. Pri tome proizvodni sistem mora da se definiše kao "način pomoću koga se transformišu ulazni resursi u cilju stvaranja korisnih dobara (proizvoda) ili usluga". Jezgro proizvodnog sistema čini kompleks tehnologije i ljudi i predstavlja osnovu za postavljanje procesa proizvodnje.

Projektovanje uspostavlja prostornu konfiguraciju fizičkih elemenata (opreme, radnih mesta, postrojenja za opsluživanje proizvodnje i obezbeđenje uslova rada), radne snage i logističkih podсистема i predviđa vremensku sinhronizaciju pojedinih aktivnosti tako da mogu da se ostvare pogodni radni uslovi i racionalan način organizacije rada.

Fizička integracija ovih faktora je data LAYOUT-om, koji prikazuje prostorne međuzavisnosti pojedinih komponenti, odnosno kako su se tehnologija i ljudi uklopili u sistem.

Projektovanje je proces koji je stalno prisutan u svim proizvodnim pogonima. Svaka promena u asortimanu proizvoda, konstrukciji ili dizajnu proizvoda, količinama koje se proizvode, metodi rada, tehnološkom procesu ili opremi može da diktira zahtev za promenom posojećeg layout-a. Problem može da bude ograničen na manje zahvate u pojedinim odeljenjima ili da obuhvati celu fabriku.

Dobar layout mora da bude dovoljno fleksibilan (što se postiže još u fazi projektovanja novog objekta) da bi mogao da prihvati eventualne promene u toku eksploatacije. To treba da utiče i na formiranje zgrade, zato što kod postojećeg objekta layout mora da se prilagodi njegovim dimenzionalnim i strukturnim ograničenjima.

Poseban uticaj na formiranje dispozicije pogona (layout-a) imaju proizvod, izabrani proces i očekivani nivo zahteva. Ulazni podaci neophodni za formiranje layout-a obuhvataju sledeće:

- prognoze (vreme i struktura zahteva),
- crteže (definišu sve fizičke i funkcionalne karakteristike proizvoda); radioničku dokumentaciju koja daje oblik, mere, tolerancije i površine koje se obradjuju,
- specifikacije proizvoda,
- operacione liste (definišu radne aktivnosti koje se izvode na svakom radnom mestu),

- karte toka (daju redosled kretanja proizvoda),
- opis poslova (specificira vrstu i broj radnika na svakom radnom mestu),
- lokaciju pogona.

Potrebno je naglasiti da usvojeni raspored opreme utiče na efikasnost rada, produktivnost, investicione i eksploatacione troškove datog proizvodnog sistema. Dobar layout treba da obezbedi:

- efikasno iskorišćenje opreme i ljudskih resursa,
- visoki stepen iskorišćenja prostora,
- povoljno i efikasno kretanje materijala i ljudi kroz pojedine faze procesa,
- konformu radnu sredinu i neophodne sanitarno tehničke uslove,
- lak pristup opremi radi održavanja i popravki.

Kada se na osnovu izabranog layout-a realizuje dati pogon teško je vršiti ma kakve izmene i svaka promena lokacije fizičkih elemenata sistema iziskuje velike troškove. Sa druge strane loše projektovan layout je stalno prisutan u proizvodnji i utiče na:

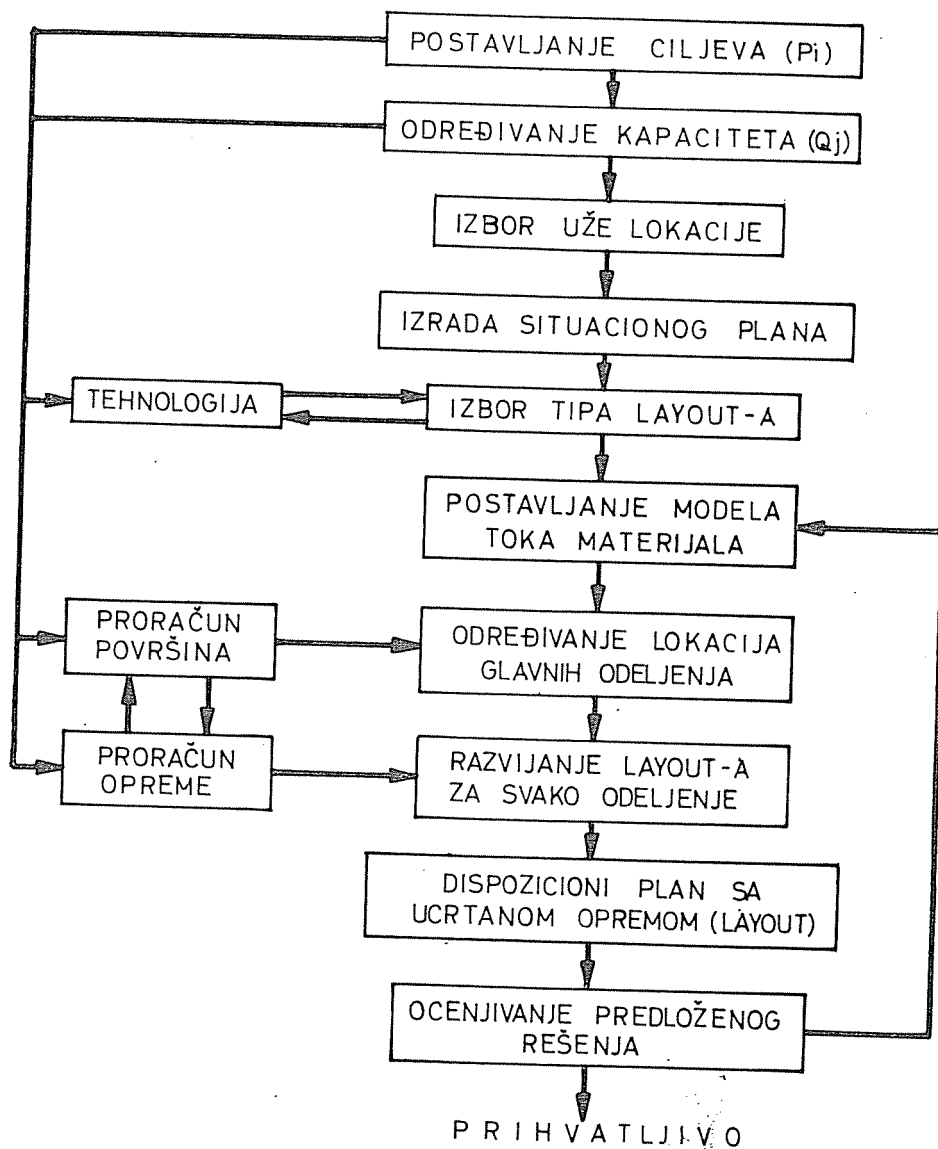
- stvaranje uskih grla (utiču na realizovanje zadatog obima proizvodnje),
- dužinu proizvodnog ciklusa,
- pojavu zastoja (mrtvi hodovi),
- kvalitet opsluživanja,
- zatrpanost radnih mesta, mašina i prolaza materijalom,
- stvaranje loših sigurnosnih uslova,
- visinu troškova održavanja, itd.

Redosled osnovnih aktivnosti pri izradi tehnološkog projekta je prikazan na slici 3-1.

3.01. Rekonstrukcija proizvodnog pogona

Projektovanje novih fabrika je relativno malo zastupljeno u ukupnom obimu projektantskih aktivnosti iz ove oblasti. Najveći broj aktivnosti se odnosi na rekonstrukciju postojećih pogona, koja je prisutna u sledećim slučajevima:

- promene proizvodnog programa (promena asortimana, uvođenje novog proizvoda),
- proširenje obima poslova,
- promena prozrokovanih tehnološkim progresom,
- uvođenje novih tehnologija,
- zamene opreme,
- usaglašavanje proizvodnje sa predviđenim planom, itd.



Slika 3 - 1

Prvi korak u rešavanju problema je detaljno upoznavanje sa postojećom situacijom. Potrebno je nabaviti sve neophodne planove postojećeg pogona (osnove i preseki) sa specifikacijama opreme i tehničkim opisom. Posebno treba obratiti pažnju da li su unešene eventualne izmene nastale u toku eksploatacije, a to znači da je potrebno proveriti crteže u odnosu na zgradu i postojeći layout (crteži su najčešće netačni!).

Potrebno je običi navedene pogone i kontaktirati sa poslovođjama i rukovodiocem pogona prikupljajući podatke o svim nedostacima i prednostima postojećeg procesa.

U ovom koraku je korisno uraditi dijagram procesa izrade glavnih proizvodnih tokova. Ovo omogućava da se detaljnije sagledaju pojedini procesi kao moguće oblasti za poboljšanja. Ukoliko su tokovi proizvoda kompleksni potrebno je uraditi karte toka ili karte kretanja materijala. U nekim slučajevima korisno može da posluži končasti dijagram.

Potrebno je proveriti da li postoji tehnološka dokumentacija (tehniološke karte, operacione liste sa vremenima izvodjenja pojedinih procesa), da li ista odgovara postojećem stanju (moguće su razlike izmedju podataka u dokumentaciji i stvarnog načina izvodjenja procesa) i da li je primenjena tehnologija savremena. Potrebno je registrovati razlike i pri izradi novog layout-a koristiti tačne podatke.

Ova analiza obuhvata proučavanje proizvoda i treba da ustanovi da li promene u konstrukciji ili dizajnu mogu da doprinesu znatnim poboljšanjima u izvodjenju proizvodnog procesa (na pr. promena sa razmeštaja prema procesu proizvodnje na čelijski raspored mašina - primena grupne tehnologije). Takodje, potrebno je proučiti metode rada pošto eventualne promene mogu da znatno utiču na formiranje novog rasporeda mašina.

Pored ranije navedenog ova analiza treba da obuhvati sledeće elemente:

A. Oprema. Kakvo je stanje mašinskog parka; koliko je mašina amortizovano i potrebno zameniti ili generalno opraviti; da li je to moguće u raspoloživom vremenu? Da li se zahteva nabavka novih mašina? Ukoliko se predviđa nabavka novih mašina da li će se kupiti iste mašine ili neki novi modeli. Da li je potrebno da proizvodni kapacitet bude veći i koliki? Da li postoji razlika izmedju postojećih mašina i novih u performansama, obliku i dimenzijama? Kakvi su problemi u održavanju opreme i koliko utiču na raspored opreme (prilazi, radni prostor itd.). Da li postoje ograničenja nametnuta snabdevanjem energijom (razvodne mreže, instalacije) pri priključivanju opreme kod eventualne promene rasporeda. Koliko je vremena potrebno za zameniti mašina i druge opreme i eventualnu promenu lokacije istih.

B. Gradjevinski objekti. Da li su prisutni nedostaci u odnosu na postojeći layout i koje su promene neophodne pri izmeni layout-a. Da li zadovoljavaju grejanje, ventilaciju, osvetljenje itd.

C. Zaposleno osoblje. Potrebno je analizirati postojeća radna mesta. Kakav je uticaj postojećeg layout-a na kretanje ljudi i da li mogu da se poboljšaju tokovi zaposlenih kod novog rešenja. Da li radnici stoje u toku izvršavanja radnih zadataka? Da li postoji mogućnost da sede i kakav je efekat na novo projektovani layout.

D. Troškovi. Potrebno je izvršiti identifikaciju svih troškova (materijal, rad, energija, osvetljenje, investicije, eksploatacioni troškovi itd).

E. Transport. Analizira se postojeći transportni sistem. Da li je transportni sistem prilagodjen tehnološkom procesu i layout-u? Kakav je nivo mehanizacije i automatizacije i da li je potrebno nešto menjati u novom rešenju. Kakva je propusna moć postojećih saobraćajnica, transportnih puteva, prijemno-otpremnh rampi, itd.

F. Skladišta. Da li postojeća skladišta zadovoljavaju? Da li postoje zastoji usled neblagovremenog snabdevanja procesa sirovinama i polufabrikatima, odnosno pri otpremi gotovih proizvoda? Da li postoji unifikacija transportnih i skladišnih jedinica? Kakav je nivo informacione povezanosti pojedinih skladišta sa proizvodnjom? Da li postoje uska grla u međufaznim skladištima?

G. Zaštita na radu. Analiza postojećih mera zaštite radnika. Analiza radne sredine (zagađenost gasovima, prašinom itd.).

3.02. Osnovni pristup projektovanju

Projektovanje proizvodnog sistema (fabrika, radionica, fabričko postrojenje) se bazira na nekoliko osnovnih elemenata /51/:

A. Proizvod ili materijal koji se proizvodi (P); podrazumeva se proizvod (deo ili sklop) ili materijal koji se izrađuje u datom pogonu; oblikovan ili obradjen deo, polufabrikat, kupljeni deo (ili deo iz kooperacije) i gotov proizvod.

B. Količina (Q), odnosno obim koliko će da se proizvede (kom. t, m³, din.) ili upotrebljava u datoj proizvodnji.

Ova dva elementa predstavljaju osnovu za izradu tehnološkog projekta i imaju izvestan prioritet nad drugim parametrima koji utiču direktno ili indirektno na formiranje layout-a, tako da su bitne sve činjenice i informacije o ova dva elementa.

Posle dobijanja potrebnih podataka o proizvodu i količini (v. proizvodni program), potrebno je proučiti proizvodni proces, odnosno postupak kako se dati proizvod (deo) ili materijal izrađuju. Znači sledeći elemenat je tehnološki proces i pod njim podrazumevamo postupak, njegove operacije i sam redosled izvođenja operacija (R).

Tehnološki proces se daje na određenoj dokumentaciji: tehnološke karte, operacione liste, dijagram procesa izrade itd. Mašine i druga oprema koja se koristi zavise od samih operacija (procesa) koje menjaju oblik ili karakteristike materijala, a redosled izvođenja operacija (R) utiče na proizvodni tok, odnosno raspored date opreme. Tako da su operacije obuhvaćene procesom i njihov redosled osnova za definisanje proizvodnog prostora.

Proizvodnja ne može da funkcioniše bez odgovarajućih službi i radionica koje nisu direktni učesnici proizvodnog procesa a predstavljaju tzv. "nosioc proizvodnje" (R. Muther). Tako da sledeći element koji utiče na konačno oblikovanje jednog layout-a predstavljaju odeljenja, radionice i postrojenja za opsluživanje proizvodnje i obezbeđenje uslova rada (S). Ove radionice, odeljenja i postrojenja često zauzimaju veću površinu od proizvodnih odeljenja i zato je potrebno da im se posveti odgovarajuća pažnja.

Element koji utiče na konačno rešenje layout-a je vreme (T) i povećuje predhodna četiri elementa. Vreme je jedan od primarnih elemenata uravnoteženja operacija, opreme i ljudskog potencijala i omogućuje sinhronizovan rad svih učesnika procesa proizvodnje. Vreme izvođenja pojedinih operacija ili procesa određuje potreban broj mašina (direktno utiče na zahteve u prostoru), radnika, uravnoteženje pojedinih faza procesa, definiše proizvodni ciklus, ciklus lansiranja serija, popunjavanja zaliha itd.

R. Muther ovih pet elemenata naziva azbukom projektanata sa kojom se počinje projektovanje novih ili rekonstrukcija već postojećih objekata, a početak je često najteži deo projekta.

3.03. P - Q analiza

Osnovni elementi na kojima se zasniva izbor rešenja proizvodnog postrojenja i oblikovanje njegovog layout-a su proizvodi (P_i) koji treba da se proizvedu i količine (Q_j) koliko treba da se proizvede od svake pozicije. Podaci o P i Q se dobijaju iz programa proizvodnje i potrebno je u početnoj fazi projektovanja razjasniti njihov međusobni odnos.

P - Q analiza predstavlja bazu za odlučivanje projektant, koji osnovni tip proizvodnje da usvoji odnosno kako da izvrši raspored proizvodne opreme. Da li da usvoji jedinstveni proizvodni sistem u okviru jedne radionice ili da izvrši podelu na dva ili više sistema. Ova analiza obuhvata upoređivanje odnosa broja različitih komada (proizvoda) i količine u kojoj se proizvode i predstavlja značajan deo projekta (izrada layout-a), rešenja unutrašnjeg transporta i procesa skladištenja.

U prvom delu analize se grupišu (prema konstruktivnim, gabaritnim, masenim i tehnološkim karakteristikama) proizvodi, odnosno pozicije obuhvaćeni proizvodnim programom, a u drugom delu se izračunavaju količine za svaku grupu, poziciju ili proizvod. Dobijeni rezultati se nose u dijagram. Pri izračunavanju količine (Q) za ma koji proizvod ili poziciju naj-

povoljnije je uzimati stvarne vrednosti (broj komada, masa, zapremina), a ne finansijske pokazatelje. Jedinica mere zavisi od prirode proizvoda ili pozicije koji su obuhvaćeni analizom.

P - Q dijagram (slika 3-2) ima fundamentalnu povezanost sa layoutom koji se planira. Sa leve strane krive se nalazi relativno mali broj proizvoda koji se izrađuju u velikim količinama. Ovo je bitan uslov masovne proizvodnje (najčešće linijska proizvodnja), visokoproduktivne mašine, kontinualni transport, visoki stepen mehanizacije i automatizacija proizvodnih procesa i sistema kretanja materijala kroz proces. Opravdane su investicije za nabavku skupe specijalizovane opreme ukoliko je zagarantovana stalnost proizvodnog programa za duži vremenski period.

Na desnom kraju krive je prisutan veliki broj različitih proizvoda koji se izrađuju u relativno malim količinama. Ovo su uslovi pogodni za pojedinačnu ili maloserijsku proizvodnju; predviđa se tzv. radionička proizvodnja, odnosno layout se formira prema procesu obrade. Oprema je univerzalna pogodna za izvođenje različitih operacija; koriste se fleksibilni transportni sistemi. Moguće su česte promene u proizvodnom programu tako da se ne isplate velika ulaganja u transport.

Srednji deo krive predstavlja kombinaciju ova dva rasporeda mašina ili radnih mesta (primena grupne tehnologije ili grupne montaže).

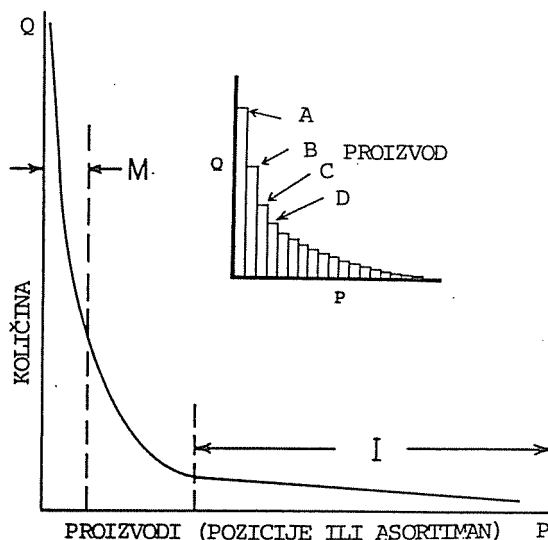
Rezultati P - Q analize mogu da daju osnovne smernice za izbor layout-a u početnoj fazi projektovanja, odnosno da li će postojati jedan zajednički layout za celokupan proizvodni program ili će biti izvršena podela na dve ili više proizvodne celine. Kada kriva P - Q dijagrama ima oblik kao na slici 3-3 najpovoljnije je potpuno razdvojiti radioničku proizvodnju od linijske. Pored razlike u koncepciji layout-a zahtevaju se različita oprema, transportni sistem i mnogi drugi faktori. Oblik krive na slici 3-4 pokazuje da je pogodno usvojiti jedinstveni layout.

Postoje ograničenja primene P - Q dijagrama i to posebno kada su proizvodi ili procesi potpuno različiti. U tom slučaju podela na pojedine radionice se bazira na jednom od sledećih faktora:

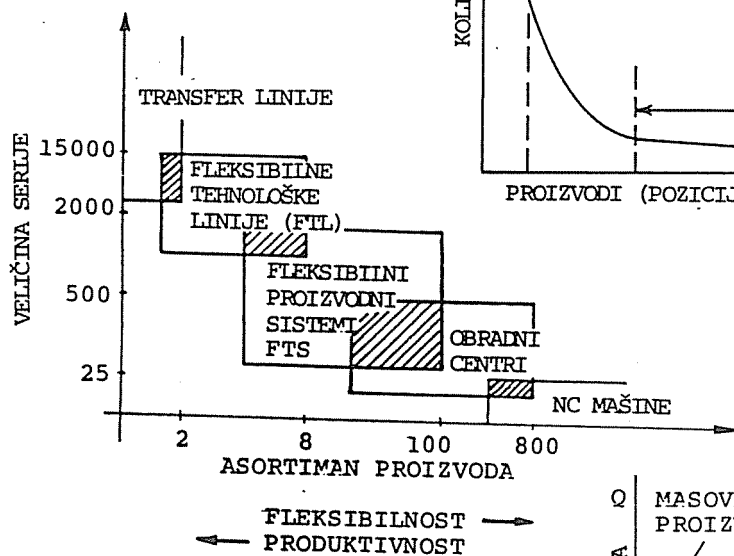
- prirodi proizvoda (oblik, masa, gabarit),
- materijalu,
- postupku obrade (tehnološke karakteristike, redosled operacija),
- zahtevanom kvalitetu,
- opremi (kod rekonstrukcije postojećih pogona),
- vrsti zgrade,
- opasnosti za zaposlene u procesu,
- organizacionoj strukturi,
- vrsti energije koja se koristi u procesu,
- vrednosti pojedinih delova, zbog rizika od gubitka ili kradje, itd.

Analizirajući navedene faktore obrazuju se grupe sličnih delova i onda može da se primeni P - Q analiza za svaku grupu posebno. Treba napo-

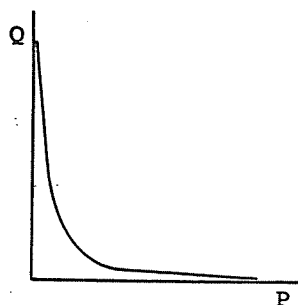
Prema R. Muther-u



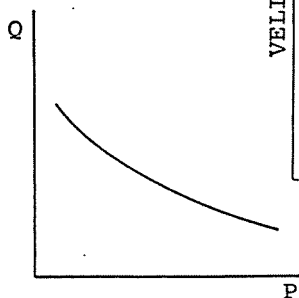
Prema Klahorst-u



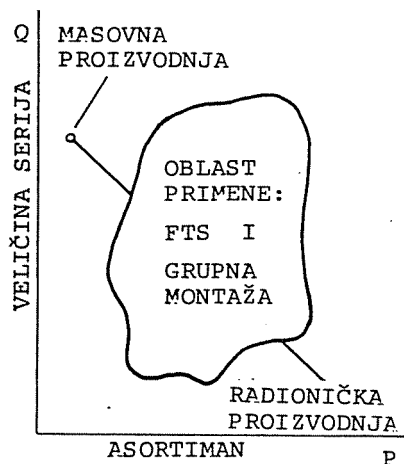
Slika 3 - 2



Slika 3 - 3



Slika 3 - 4



menuti da kada se u fazi projektovanja proizvoda izvrši unifikacija i standardizacija pojedinih komponenti, povećava se obim proizvodnje za pojedine pozicije i smanjuje asortiman proizvodnog programa. Ovo utiče na promenu strukture P - Q dijagrama.

3.04. Formiranje layout-a

Osnovu za projektovanje dispozicije opreme (formiranje layout-a) čini tok tehnološkog procesa (kod projektovanja radionica) ili funkcija objekta (kod projektovanja skladišta). Kod proizvodnih pogona (radionica) raspored opreme i radnih mesta može da se formira na sledeće načine:

- prema procesu koji se odvija u pojedinim funkcionalnim celinama (grupisanje mašina prema vrstama poslova), tzv. prekidni sistemi,
- prema proizvodni (kada raspored sledi zahteve odredjenih proizvoda), odnosno prema redosledu izvođenja tehnoloških operacija,
- (grupisanje mašina prema redosledu poslova), tzv. kontinualni sistemi,
- kombinovanjem dva prethodna načina (proizvodnja u "ćelijama" ili grupna montaža, odnosno stvaranje autonomnih radnih jedinica), i
- sa fiksnim pozicijama proizvoda.

Raspored opreme i pojedinih odeljenja u skladištima i mnogim pomoćnim odeljenjima se izvodi prema osnovnoj funkciji koju obavljaju. Kod skladišta osnovna funkcija je čuvanje zaliha, tako da je često značajnije iskorišćenje prostora od troškova transporta.

3.05. Prekidni sistemi

Raspored mašina i radnih mesta prema procesu se primenjuje obično u pojedinačnoj i maloserijskoj proizvodnji, odnosno tamo gde se u istom pogonu proizvodi i sklupa široki asortiman proizvoda. Mašine, radna mesta i procesi se grupišu prema funkciji koju obavljaju. Na pr. grupisanje mašina prema vrsti obrade, tj. stvaraju se odeljenja pojedinih tipova mašina: strugova, rendisaljki, glodalica itd.

Svaka pozicija (komad) može da ima različiti skup operacija i različiti redosled njihovog izvođenja. Komad (pozicija) se obradjuje sledeći redosled procesa, ali pošto postupak koji se izvodi i redosled izvođenja procesa varira zavisno od svake pozicije iz datog skupa delova opterećenje radnih mesta (mašina) je promenljivo i zavisi od vrste i obima poslova u sistemu. Tehnološka dokumentacija determiniše proces i vreme potrebno za njegovo izvođenje.

Mašine, radna mesta ili odeljenja, pri analizi proizvodnog toka mogu da se posmatraju kao mesta (centri, stanice) opsluživanja, zato što su

ispunjeni opšti uslovi sistema čekanja (v. literaturu o teoriji čekanja /43/ i dr.) sa promenljivim dolaskom i promenljivim procesom opsluživanja. Pri tome, opšta struktura sistema (odeljenje ili radno mesto) može da bude predstavljena na kojom od četiri osnovne konfiguracije sistema opsluživanja (slika 3-5). Kada se posmatra prekidni sistem kao celina (radionica) može se zamisliti kao mreža sastavljena od različitih podsistema čekanja (odeljenja, mašine ili radna mesta) sa različitim putanjama kroz sistem koje zavise od date pozicije i zahtevanog postupka obrade (slika 3-6).

Očigledno je da značajan problem u projektovanju prekidnih sistema predstavljaju relativne lokacije pojedinih mesta opsluživanja (odeljenja, radnih mesta). Poželjno je da se lokacije koje imaju najveću interakciju postavljaju jedne do drugih. Kod proizvodnih pogona blizina pojedinih lokacija smanjuje troškove transporta, a u organizacijama koje pružaju usluge (remont, servis) blizina redukuje vreme izvođenja procesa u sistemu.

Pošto različiti poslovi imaju različite zahteve, neophodno je integralno razmotriti sve putanje u sistemu pri određivanju najpovoljnijeg relativnog položaja lokacija.

Projektovanju rasporeda opreme i radnih mesta može da se pristupi postavljajući kvantitativnu zavisnost pojedinih lokacija, tako da funkcija cije može da bude izražena u merljivim veličinama (transportni učinak, broj ciklusa itd.). Pri tome se kao kriterijum najčešće koristi minimizacija troškova unutrašnjeg transporta u proizvodnim pogonima ili minimizacija vremena kretanja zaposlenih u organizacijama koje pružaju usluge.

Ukupni trokovi kretanja materijala za dati layout mogu da se odrede iz sledećeg izraza:

$$T = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n N_{i,j} l_{i,j} c_{i,j}, \quad i, j = 1, 2, 3, \dots, n$$

gde je

$N_{i,j}$ - broj ciklusa između lokacija i i j ,

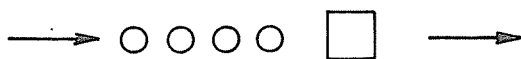
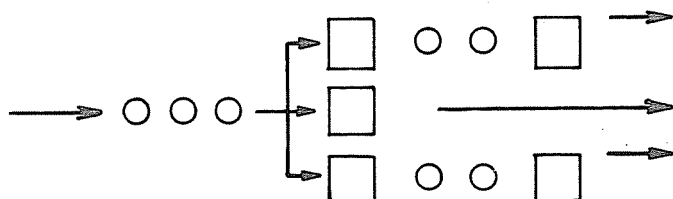
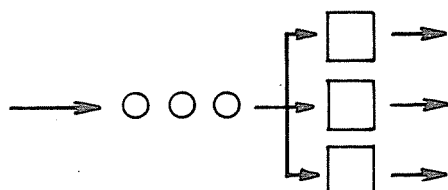
$l_{i,j}$ - rastojanje između lokacija i i j ,

$c_{i,j}$ - troškovi po jedinici puta i ciklusa između lokacije i i j ,

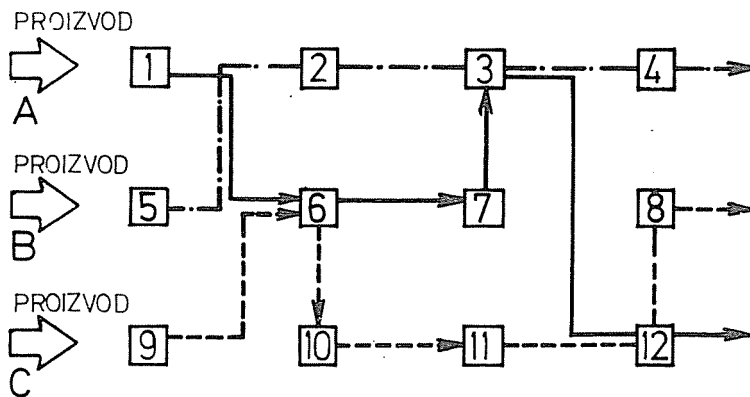
n - broj lokacija.

Broj ciklusa ($N_{i,j}$) i jedinični troškovi ($c_{i,j}$) su konstantni i ne zavise od položaja date lokacije. Rastojanja pojedinih lokacija (transportni putevi) zavise od izabranog layout-a, tako da za jedan inicijalni raspored opreme mogu da se izračunavaju ukupni troškovi transporta. Poboljšanje layout-a se postiže menjanjem položaja pojedinih lokacija koje utiču na smanjenje ukupnih troškova transporta. Ovaj postupak teško može da dovede do optimalnog rešenja i zato zahteva analizu svih mogućih kombinacija što je u jednom realnom problemu teško postići i primenom računara kada je prisutan veliki broj lo-

MESTO OPSLUŽIVANJA

DELOVI ČEKAJU
NA OBRADU

Slika 3 - 5



Slika 3 - 6

kacija. Zato se pri analizi traži povoljno rešenje, odnosno najbolje od analiziranih.

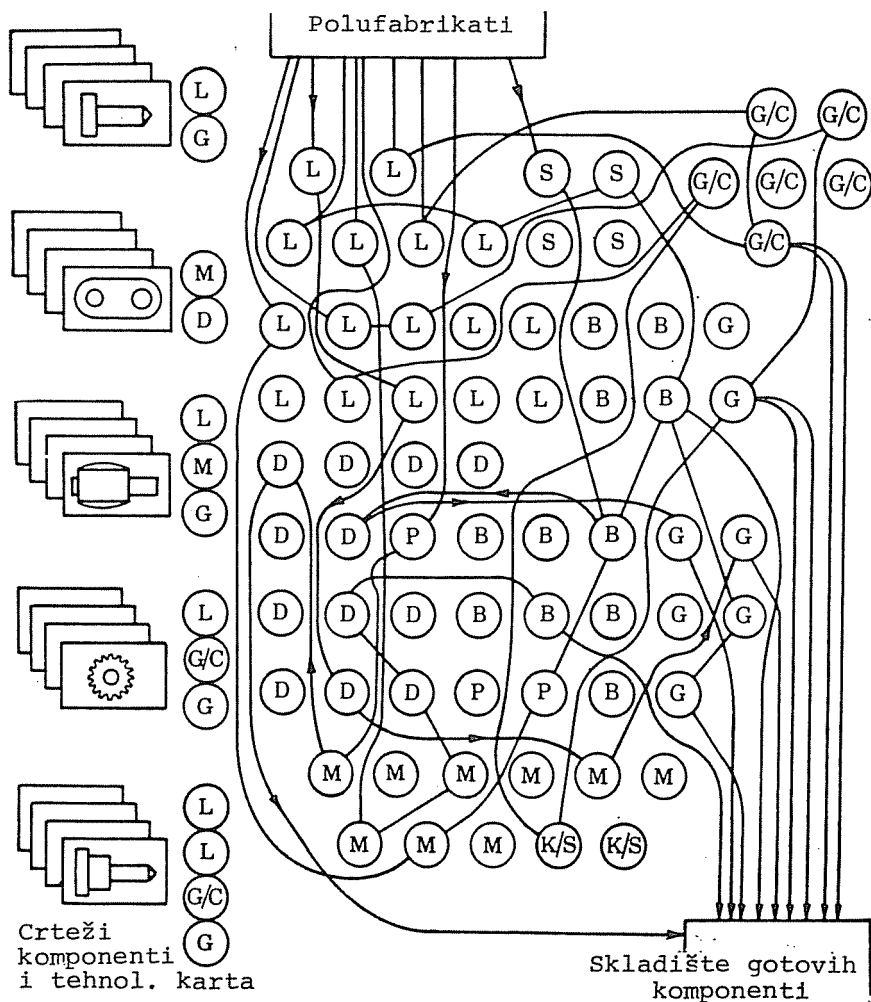
Pri projektovanju radionica intermitentnih sistema tokovi se kreću najčešće direktno iz odeljenja u odeljenje i pri tome se najčešće u okviru odeljenja nalaze međufazna skladišta. Značajno pitanje koje treba analizirati je slučaj kada se koristi zajedničko međufazno skladište. Ovakvo rešenje ima izvesne prednosti zbog dobre kontrole u manjim pogonima i pored povećanih troškova transporta (do i od skladišta). U pojedinim slučajevima može da se koristi jedinstveni skladišni sistem (za repromaterijal, međufazno skladištenje i čuvanje gotovih proizvoda) što dovodi do stvaranja integralnih proizvodnih sistema /40/.

Osnovne karakteristike prekidnih sistema:

- A. Pogodni su za male obime proizvodnje kada proizvodni program sadrži široki asortiman proizvoda.
- B. Ekonomični su u slučajevima kada priroda sistema zahteva fleksibilnost (univerzalna proizvodna i transportna oprema). Zahtevana fleksibilnost može da bude različita u:
 - obimu svake narudžbine,
 - promeni asortimana proizvoda,
 - zahtevima procesa za poziciju koja se izrađuje,
 - dizajnu proizvoda,
 - puteva kroz sistem, itd.
- C. Poslovi koji rezultiraju su širi u obimu i zahtevaju širi spektar znanja (specijalizacija u okviru polja aktivnosti). Zahtevaju se univerzalni radnici visokih kvalifikacija.
- D. Lakše se ostvaruje kriterijum zadovoljstva u radu nego kada specijalizacija rezultira u aktivnostima koje se stalno ponavljaju (linijska proizvodnja).
- E. Veliki obim transporta u proizvodnji.
- F. Dugo zadržavanje pozicija u procesu; velika količina nedovršene proizvodnje.
- G. Potrebna velika površina za međufazna skladišta.
- H. Relativno mala investiciona ulaganja.

Na slici 3-7 je data šema kretanja pojedinih pozicija (osovinice, plućice, zupčanici itd.) kroz proces pri funkcionalnom rasporedu mašina.

Mašine, odnosno procesi su označeni slovima.



Slika 3 - 7

3.06. Kontinualni sistemi

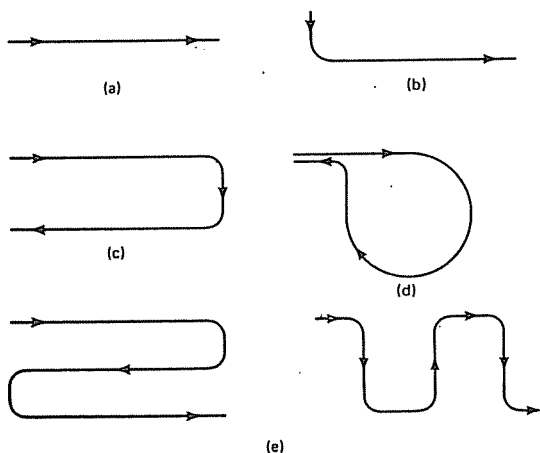
Proizvodna linija predstavlja uredjeni radionički prostor u kome se radne operacije nižu neposredno jedna za drugom tako da se proizvod kreće odredjenom brzinom kroz niz operacija koje se medjusobno dopunjavaju i omogućavaju jednovremeni proces rada duž linije.

Postavljanje mašina i radnih mesta prema proizvodu (linijski raspored) se primenjuje u masovnoj i serijskoj proizvodnji. Mašine se postavljaju prema redosledu tehnoloških operacija (na pr. strug, glodalica itd.), za obradu istoimenih delova ili za nekoliko različitih radnih predmeta sa istim ili sličnim poretком operacija. U radionicama masovne proizvodnje na

jednoj liniji (transfer linije) obradjuje se samo jedan deo (na pr. blok motora). U pogonima serijske proizvodnje na datoj liniji se najčešće obradjuje više različitih delova, koji imaju isti ili sličan raspored operacija. Ovi delovi se izradjuju u serijama koje se periodično ponavljaju.

Raspored radnih mesta u pogonima montaže treba da odgovara rasporedu kretanja delova (komponenti), podsklopova i sklopova po etapama montaže. Pri tome layout treba da obezbedi kretanje komponenti izmedju pojedinih montažnih operacija po najkraćim putanjama.

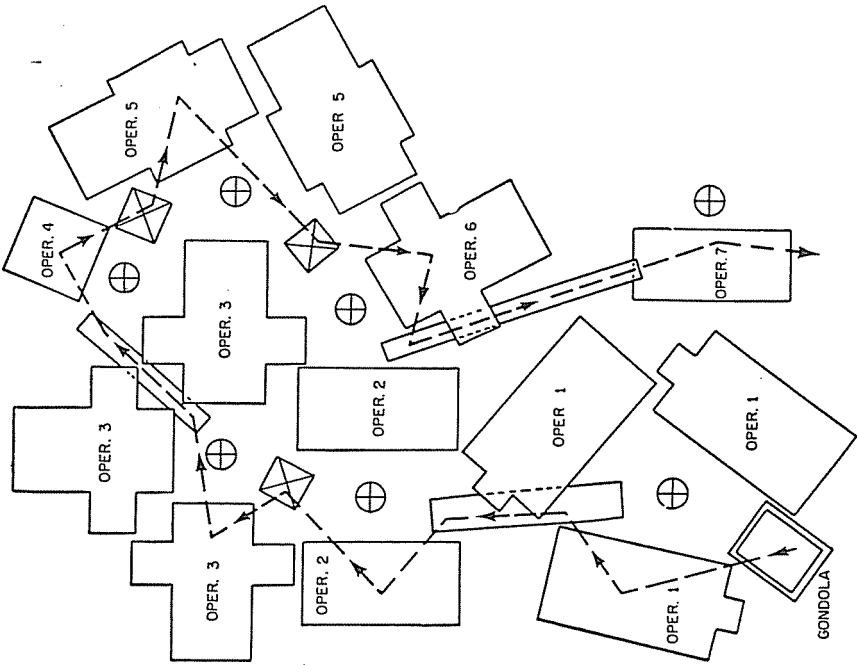
Osnovni tokovi procesa kontinualnih sistema su fiksni i prate liniju koja može da bude različitog oblika: prava linija (a), L linija (b), U linija (c), O linija (d) ili S linija (v. sliku 3-8). Zavisno od vrste i asortimana



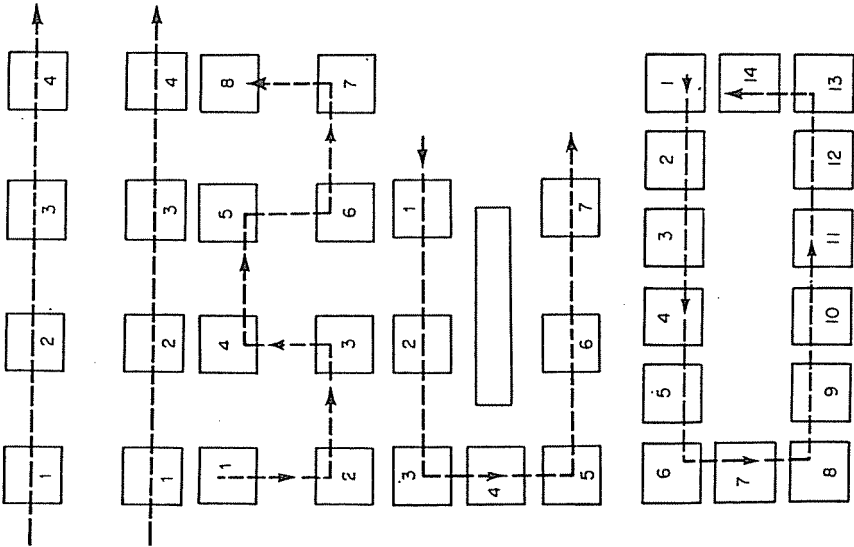
Slika 3 - 8

proizvoda obima proizvodnje, usvojene tehnologije, načina izvodjenja kretanja materijala i tipa objekta, sledeći osnovne tokove, layout može da se razvije na različite načine (v. slike 3-9 i 3-10). Pošto su tokovi fiksni raspored pojedinih lokacija je relativno jednostavan, tako da je osnovni problem ravnomerno kretanje proizvoda duž linije, odnosno vremensko uravnoteženje izvodjenja pojedinih operacija. To znači da oprema i ljudski potencijal treba da budu sinhronizovani prema zajedničkom faktoru uravnoteženja (taktu), koji se obično definiše kao vreme po radnom mestu.

Perfektно uravnoteženje svih operacija se retko postiže zato što se često javlja neko "ekstra" vreme u pojedinim operacijama datog tehnološkog procesa. Uravnoteženje operacija se teže realizuje kod mašinske obrade delova nego u procesu sklapanja (montaža), zbog same mogućnosti raščlanjavanja montažnih operacija i premeštanja radnika sa jednog na drugo radno mesto. Proces uravnoteženja može da se bolje ostvari u tzv. pravim kontinualnim sistemima (proizvodnja ulja, šećera, hemijska industrija itd.).



Slika 3 - 10



Slika 3 - 9

Pri projektovanju ovakvog proizvodnog sistema najveći problem predstavlja odlučivanje o izboru vremena takta i o podeli rada. Pri tome je potrebno uravnotežiti različite aktivnosti, tehnološki zavisne tako da se svaka operacija izvršava u odgovarajućem periodu vremena.

Da bi se postiglo uravnoteženje linije potrebno je znati vremena svih aktivnosti, kao i tehnološka ograničenja vezana za redosled ovih izvođenja. Operacije montaže treba da se razbiju u najmanje moguće aktivnosti. Pri tome se redosled operacija obično prikazuje grafički i onda se pristupa grupisanju zadataka koje treba izvršiti.

Deterministička formulacija uravnoteženja linije koristi kriterijum minimiziranja broja radnih mesta za dato vreme ciklisa (takta) ili minimiziranja vremena ciklisa za dati broj radnih mesta. Pošto vreme pojedinih operacija u opštem slučaju predstavlja jednu raspodelu vrednosti i u praksi je veoma retko konstantna veličina, stohastička priroda vremena po radnom mestu ima značajan uticaj na uravnoteženje linije.

Vreme takta projektovane linije se određuje prema uskom grlu, a osnovni kriterijum predstavlja minimizaciju izgubljenog vremena koje se javlja u okviru vremena takta. Pri tome je izgubljeno vreme dato izrazom (slika 3-11):

$$d = \frac{n \cdot T_c - \sum t_{ki}}{n \cdot T_c} \cdot 100 (\%)$$

gde je:

T_c - vreme takta,

n - broj radnih mesta duž linije (broj taktova),

t_{ki} - najveće vreme izvođenja pojedine operacije (grupe operacija u okviru takta).

Pošto navedene relacije daju stanje problema u najjednostavnijem obliku, ne obuhvataju niz ograničenja koji čine problem u praksi mnogo kompleksnijim, u sledećim poglavljima će se dati pregled ograničenja koja znatno utiču na konačno formiranje linije, kao i pregled nekih uticajnih faktora dobijenih analizom postojećih pogona /41/.

3.06.1. Neophodni uslovi

Moraju da egzistiraju izvesni uslovi da bi linijska proizvodnja mogla normalno da funkcioniše i da njeno korišćenje bude jednostavno i ekonomično:

A. Proizvodni program mora da bude stalan za jedan duži vremenski period.

B. Količina, odnosno obim proizvodnje (veličine serija) mora da bude dovoljan da pokrije troškove postavljanja linije.

- C. Program proizvodnje mora da se sastoji iz relativno malog broja različitih proizvoda koji se proizvode u relativno velikim količinama. Program sadrži jedan standardizovani deo ili proizvod, ili grupu u osnovi standardizovanih delova ili proizvoda.
- D. Vremena izvođenja pojedinih operacija na liniji moraju da budu približno ista (proizvodnja treba da je vremenski uravnotežena), odnosno kretanje proizvoda duž linije treba da se sinhronizuje zajedničkim faktorom uravnoteženja (vreme takta). Faktor uravnoteženja definiše vreme po radnom mestu.
- E. Proizvodna linija treba da obezbedi kontinualnost procesa, zato što zbog zastoja na jednoj mašini ili radnom mestu može da stane cela linija. To znači da je potrebno preduzeti preventivne mere da bi se osiguralo kontinualno snabdevanje materijalom, delovima ili pojedinim sklopovima na montaži i da se spreče svi kvarovi na opremi (zahteva se visoka pouzdanost proizvodne i transportne opreme).
- F. Proizvod mora da bude tako konstruisan da pored funkcionalno - sti obezbedjuje jednostavnu izradu ili sklapanje na liniji. Potrebno je obezbediti zamenljivost delova.
- G. Konstruktivna i tehnološka dokumentacija treba da budu stručno i precizno urađeni da obezbede jednostavnu izradu i sklapanje proizvoda.

3.06.2. Postupak projektovanja

Na početku razrade projekta potrebno je odrediti specifičan iznos proizvodnje (najbolje dnevni ili nedeljni obim proizvodnje) i ukupnu planiranu količinu koja treba da se proizvede u zadatom vremenskom periodu. Kada se prikupe ove činjenice pristupa se planiranju operacija, određivanju njihovog redosleda i izboru zahtevane opreme.

Sve operacije i redosled njihovog izvođenja treba da su precizno definisani. Pri tome operacije treba tako rasčlaniti da izvođenje pojedinih elementarnih operacija ne odstupa mnogo od takta proizvodnje. Elementarna operacija je definisana kao najmanja jedinica rada (ili proizvodna operacija) koja je tako izdvojena od drugih aktivnosti da može da se izvodi nezavisno i u različitim redosledima.

Takt predstavlja vreme zahtevano za kompletiranje radnih zadataka na svakom radnom mestu duž linije. To znači da gotov (kompletirani) proizvod iznosi sa linije posle svakog vremena takta. Kod perfektnog uravnoteženja, radni zadaci u okviru svakog takta su jednaki vremenu takta, što se u praksi teško postiže. Takt se obično definiše prema uskom grlu linije, odnosno prema najdužem vremenu neke operacije koja ne može da se dalje rasčlanjava. Pri tome treba napomenuti da izbor vremena takta zavisi od konstruk-

tivnih i tehnoloških zahteva proizvoda i zahtevanog izlaza sa linije (obima proizvodnje).

Poseban problem u projektovanju linije predstavlja uravnoteženje operacija po vremenu (dobijanje približno jednakih vremena po taktovima - radnim mestima), a da se pri tome ispuni željeni obim proizvodnje u jedinici vremena. Uravnoteženje linije je kombinatorni problem koji zahteva kombinaciju zadataka koji će maksimizirati iskorišćenje radnih mesta ili opreme ili ekvivalentno minimizirati izgubljeno vreme.

Problem dobrog uravnoteženja predstavlja broj kombinacija koji ide sa faktorijelom (10 radnih zadataka ima $10!$ različitih redosleda), međutim tehnološki zahtevi za izvođenjem pojedinih operacija reduciraju broj mogućih redosleda. Jedan od problema je i grupisanje zadataka (operacija) po taktovima - radnim mestima) u okviru restrikcija nametnutih tehnološkim procesom pri minimizaciji broja taktova za dato vreme takta.

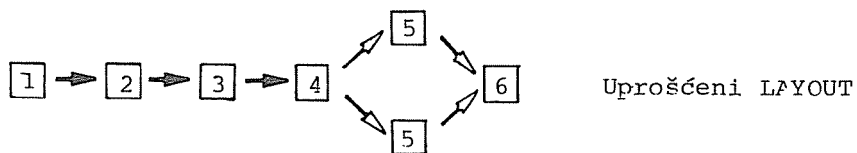
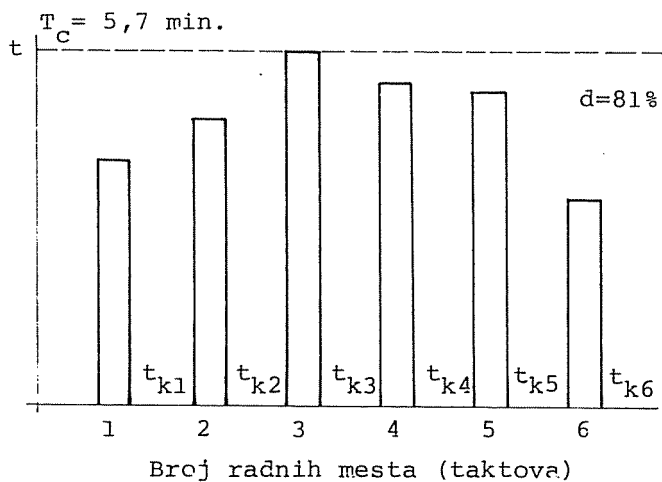
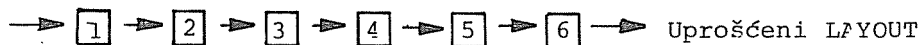
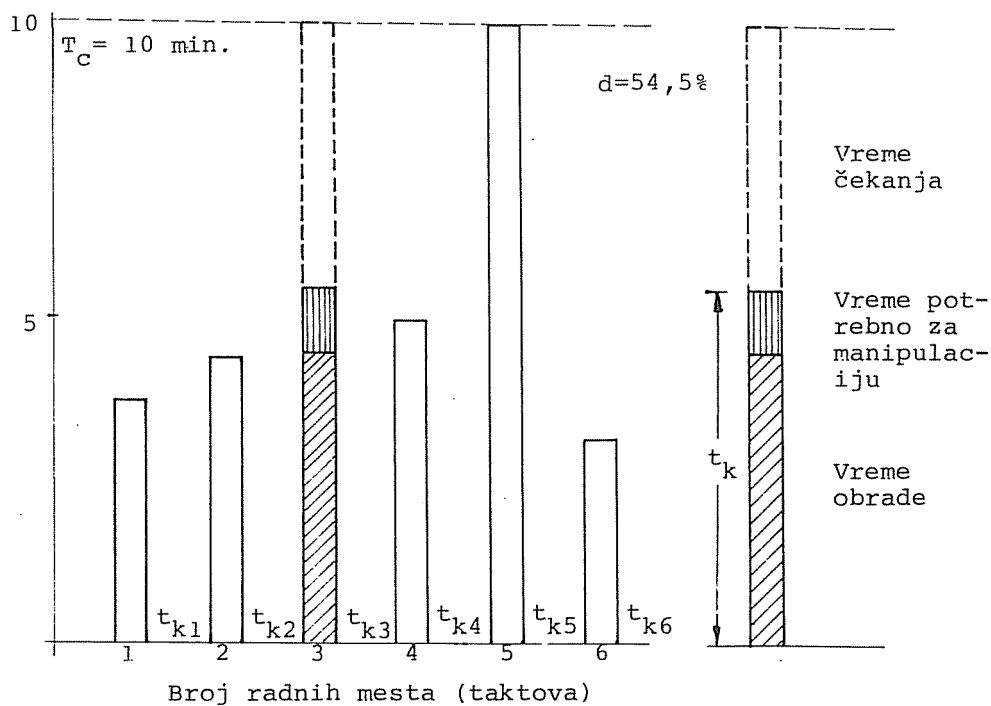
Kada je zadato vreme takta zadaci (operacije) se alociraju različitim taktovima (radnim mestima) sve dok se ne poremete zadaci tehnološkog redosleda i dok ukupna vremena pojedinih zadataka ne predju vreme takta.

Pri projektovanju ukupnog potrebnog broja mašina na liniji mogu da nastupe tri slučaja (v. sliku 3-12):

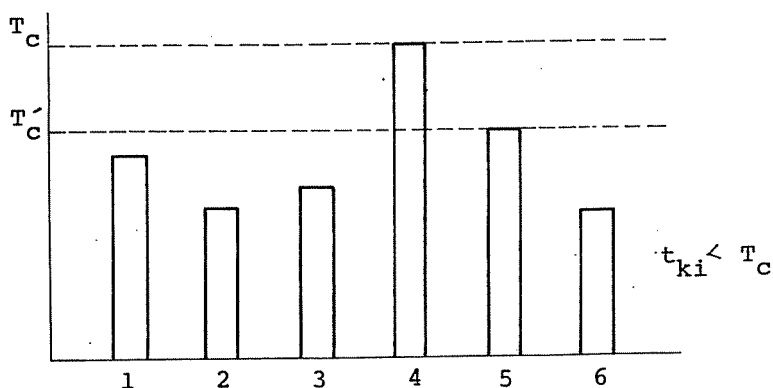
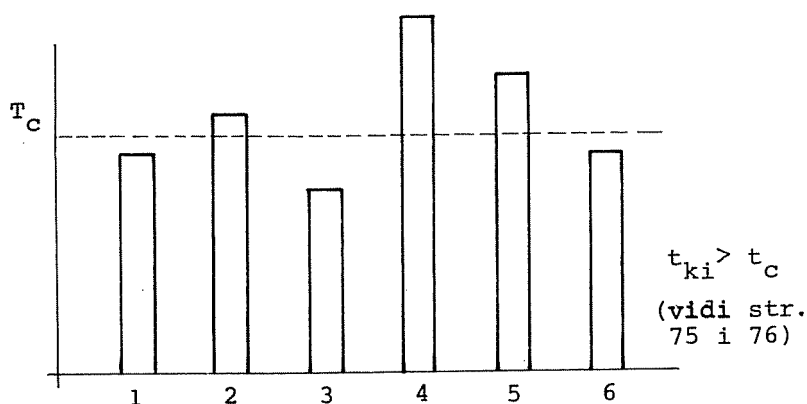
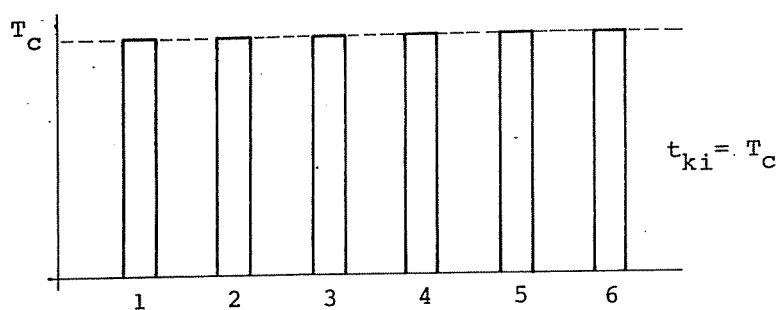
$t_{ki} = T_c$, kada je postignuto potpuno uravnoteženje linije (u praksi retko postiže),

$t_{ki} > T_c$, prouzrokuje zastoje na datoj operaciji i cela linija stoji; da bi se ovo otklonilo za datu operaciju se uzima veći broj mašina ili radnih mesta (paralelan rad); postavlja se mašina koja može istovremeno da obradjuje više komada, produktivnija mašina ili se pokušava dalje rasčlanjavanje operacija na datom radnom mestu.

$t_{ki} < T_c$, znači da su date operaciji na liniji kraće od vremena takta, u ovom slučaju ritmičnost linije nije narušena jer se operacije obavljaju u okviru predviđenog vremenskog intervala (T_c), ali može da nastupi nedovoljno iskorišćenje opreme ili radnih mesta.



Slika 3 - 11



NAPOMENA: Potrebno je smanjiti trajanje operacije 4 i usvojiti manje vreme takta (na pr. T'_C)

Slika 3 - 12

Uravnotežavanje proizvodnih operacija na liniji može da se obavi na sledeći način:

- A. Poboljšanjem načina izvodjenja operacija (primena odgovarajućih alata i pribora, promena tehnološkog postupka, repromaterijala, itd.).
- B. Uvodjenjem paralelnog rada za izvodjenje date operacije (usvajanje većeg broja mašina).
- C. Postavljanjem medjuoperacionih skladišta. Ovaj termin označava mesto gde se akumulira materijal koji čeka na neku operaciju ili drugu aktivnost. Postavljaju se takodje i na mestima napajanja linije materijalom (komponentama), na prelazu sa jedne linije na drugu itd. Medjuoperaciona skladišta treba da obezbede kontinuitet rada linije, tako da njihov kapacitet mora da bude zadovoljavajući da spreči zastoje. Kapacitet ovih skladišta je dat izrazom:

$$Z = Q_L \cdot T_z = \frac{T_z}{T_c} \quad , \quad \text{gde je}$$

Q_L - obim proizvodne linije,
 Z - broj komada date pozicije,
 T_z - prosečno vreme zastoja,
 T_c - vreme takta.

- D. Produžavanjem radnog vremena mašina i radnika kod izvodjenja operacija koje predstavljaju usko grlo (rad u više smena, prekovremeni rad); takodje je moguće deo "kritičnih" pozicija proizvoditi izvan linije.

Uravnotežavanje operacija na linijama montaže može da se izvede na sledeći način:

- A. Podelom operacija i njihovom raspodelom (koncentrisanje) po radnim mestima, zavisno od redosleda izvodjenja i drugih ograničenja nametnutih tehnološkim procesom.
- B. Uvodjenjem paralelnog rada (udvajanje radnih mesta).
- C. Postavljanjem najsposobnijih radnika da izvode operacije koje su usko grlo.
- D. Primenom odgovarajućih alata i pribora kojima se ubrzava izvodjenje operacija.
- E. Produžavanjem radnog vremena radnika (prekovremeni rad, rad u više smena).

F. Postavljanjem medjuoperacionih skladišta.

G. Postavljanjem pomoćnih radnika, koji pomažu pri manipulaciji i doturu materijala.

3.06.3. Kretanje materijala

Kretanje materijala predstavlja fundamentalni deo planiranja linije zato što povezuje sve operacije i utiče direktno na kontinualnost proizvodnje. Kretanje materijala mora da bude korektno planirano od samog početka i ako je relativno malo vremena i troškova vezano za izvođenje ove aktivnosti. Ovo je posebno značajno zato što su pojedine linije izgrađene oko osnovnog transporta sredstava (uticaj na formiranje layout-a).

U ovoj vrsti proizvodnje koriste se najčešće uređaji kontinualnog transporta mada u pojedinim slučajevima primena raznih vrsta konvejera nije ekonomična tako da se za povezivanje operacija mogu da koriste strme ravnji, valjanzi, kolica ili da se komadi sa jedne operacije na drugu dodaju ručno.

Kretanje radnih predmeta može da bude pojedinačno ili u grupi. Kretanje je individualno ako je proizvod: velikog gabarita, mase i fiksiran za transportni uređaj, i ukoliko je ispunjen uslov da su operaciona vremena po pojedinim taktovima (radnim mestima) jednaka.

Delovi se transportuju u grupama kada su komadi malog gabarita, male mase, kada se obradjuje više komada zajedno i kada vreme pojedinih operacija znatno varira.

Kretanje na liniji može da bude kontinualno ili prekidno. Prednost kontinualnog kretanja je konstantan tempo proizvodnje, odnosno garantuje izlaz sa linije u određenim vremenskim razmacima. Prekidno kretanje se primenjuje u sledećim slučajevima /47/: kada primena konvejera nije ekonomična, u slučaju kada je neophodno da konvejer stoji za vreme obavljanja operacija, kada je efekat rada nizak ukoliko se radnici kreću za vreme izvođenja operacija i kada se za rad na proizvodu koriste prilazne platforme i lestvice (montaža proizvoda velikog gabarita).

Uređaji za transport i manipulaciju imaju višestruku namenu /48/:

- za transportovanje (prenošenje materijala i delova) do, od i duž linije,
- održavaju ritam rada linije konstantnim, odnosno obezbeđuju izlaz proizvoda sa linije u jednakim vremenskim intervalima,
- mogu da nose radni predmet tako da dolazi do smanjenja neproduktivnih ručnih manipulacija, i
- za uskladištenje delova (medjuoperacija ili medjufazna skladišta).

3.06.4. Zadata ograničenja

U procesu projektovanja linijske proizvodnje prisutno je niz ograničenja koja mogu znatno da utiču na izbor konačnog rešenja. U daljem tekstu će se navesti neka osnovna ograničenja:

- A. Proizvodni prostor, njegova površina i oblik predstavljaju jedno od osnovnih ograničenja oblika linije i broja taktova.
- B. Tehnološki proces - redosled izvodjenja pojedinih operacija, vreme trajanja svake operacije i njegova tehnološka povezanost.
- C. Fizička ograničenja vezana za oblik i položaj radnih mesta, prostor potreban za manipulaciju i čuvanje materijala i sklopova koji se ugrađuju na liniji.
- D. Asortiman proizvoda - za svaki posebni proizvod (kod višepredmetnih linija) treba ponoviti celokupnu analizu rada linije i preveriti iskorišćenje opreme (radnih mesta).
- E. Vreme izvodjenja pojedinih operacija na montaži. Ukoliko pojedine operacije prevazilaze zadato vreme problem može da se reši povećavanjem broja radnika, međutim, vrlo često se radni prostor javlja kao ograničenje.
- F. Postrojenje za površinsku zaštitu kada funkcionalno i prostorno predstavlja integralni deo linije montaže. Vreme takta ovog postrojenja diktira takt linije.

3.06.5. Zastoji u radu linije

Pouzdanost linija predstavlja jedan od osnovnih elemenata efikasnog funkcionisanja linije. Kao ilustracija ovog problema mogu da posluže podaci dobijeni snimanjima u jednoj fabrici za proizvodnju poljoprivrednih i kamionskih prikolica.

Analizom rada postojećih pogona i merenjima je utvrđeno da postoji veliki broj faktora koji utiču na zastoje u procesu montaže. U daljem tekstu se navode najuticajniji faktori i njihovo procentualno učešće u odnosu na ukupno vreme zastoja (detaljniji podaci su dati u /29/):

- greške u dokumentaciji	4 %
- greške u konstrukciji i izradi alata	2 %
- neuredno snabdevanje linije	20 %
- loš kvalitet komponenti	20 %
- izrada nedovoljnog broja komponenti	20 %
- greške u evidentiranju	15 %
- fluktuacija radnika	2 %
- neuskладjenost kapaciteta linije montaže sa drugim procesima rada	7 %
- ostali faktori	10 %

Navedena analiza je pokazala da kod više predmetnih montažnih linija sa sličnim programom proizvodnje kada se proces montaže obavlja u malim serijama, sa velikim stepenom složenosti strukture proizvoda, zastoje na liniji mogu da iznose 20 - 30 % od ukupno potrebnog vremena montaže.

U slučaju kada je postrojenje za površinsku zaštitu integralni deo proizvodne linije kao što je ovde slučaj, značajno je identifikovati i moguće zastoje u radu ovog postrojenja koji direktno utiču na rad i produktivnost cele linije.

Uzroci zastoja u postrojenju za površinsku zaštitu i njihovo procentualno učešće u odnosu na ukupno vreme zastoja ovog postrojenja su sledeći:

- kvarovi podnog transportera	40 %
- kvarovi na vratima komora	30 %
- greške u sistemu otpadnih voda	10 %
- kvarovi na ventilatorima	5 %
- kvarovi na pumpama	5 %
- ostali uzroci	10 %

Ukupno vreme zastoja iznosi do 20 % od vremena potrebnog za površinsku zaštitu proizvoda.

3.06.6. Osnovne karakteristike sistema

Osnovne karakteristike kontinualnih sistema (nisu svrstane prema stepenu važnosti):

- A. Pogodni su za veliki obime proizvodnje kada proizvodni program sadrži uski asortiman proizvoda.
- B. Zahtevaju fiksni proizvodni program za jedan duži period vremena.
- C. Imaju jednostavne tokove materijala i relativno mali obim unutrašnjeg transporta, uprošćena je manipulacija materijalom.
- D. Proizvodnja nije fleksibilna, i teško prihvata ma kakve promene; delimična fleksibilnost je postignuta kod višepredmetnih linija.
- E. Poslovi su usko specijalizovani i zahtevaju radnu snagu nižih kvalifikacija (posebno na linijama montaže).
- F. Radnici se specijalizuju za obavljanje manjeg broja istorodnih operacija koje se stalno ponavljaju, tako da je ovde prisutna specijalizacija na određenoj mašini (radnom mestu), operaciji i komadu.
- G. Omogućena je jednostavna kontrola procesa; mali škart.

- H. Pozicije se kratko zadržavaju u procesu, mali obim nedovršene proizvodnje.
- I. Rad linije u velikoj meri zavisi od tehnološke povezanosti mašina; zastoj jedne mašine može da izazove prekid rada linije.
- J. Zahtevaju velika investiciona ulaganja.

3.07. Kombinovani sistemi

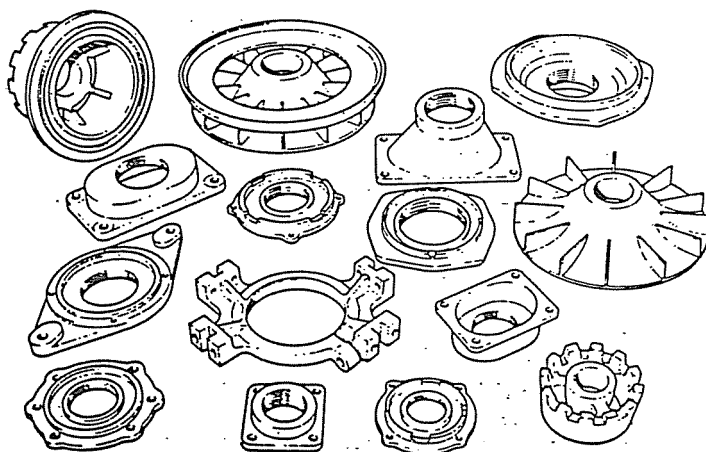
Kombinacijom dva prethodna rasporeda mašina i radnih mesta dolazi se do koncepta proizvodnje po principu tzv. grupne tehnologije, odnosno kod sklapanja proizvoda do grupne montaže - stvaranja autonomnih radnih jedinica. Ovakvim rešenjem se pokušava da modifikuje tradicionalni layout prema procesu, koristeći pri tome sve prednosti linijske proizvodnje. Pošto postoji izvesna analogija između proizvodnje po principu grupne tehnologije i grupne montaže (obuhvataju srednji deo P - Q krive) u daljem tekstu će se zajedno razmatrati ukazujući na specifičnosti svake od njih.

Grupna tehnologija predstavlja organizaciju proizvodnih sredstava u grupe ili ćelije, gde svaka od njih preuzima potpunu proizvodnju jedne familije komponenti za sličnim proizvodnim (tehnološkim) karakteristikama. R. Hollier /13/ daje definiciju: "Grupna tehnologija je definisana kao tehnika koja dozvoljava proizvodnju relativno malih količina, a da se pri tome postigne ekonomske prednosti linijske proizvodnje".

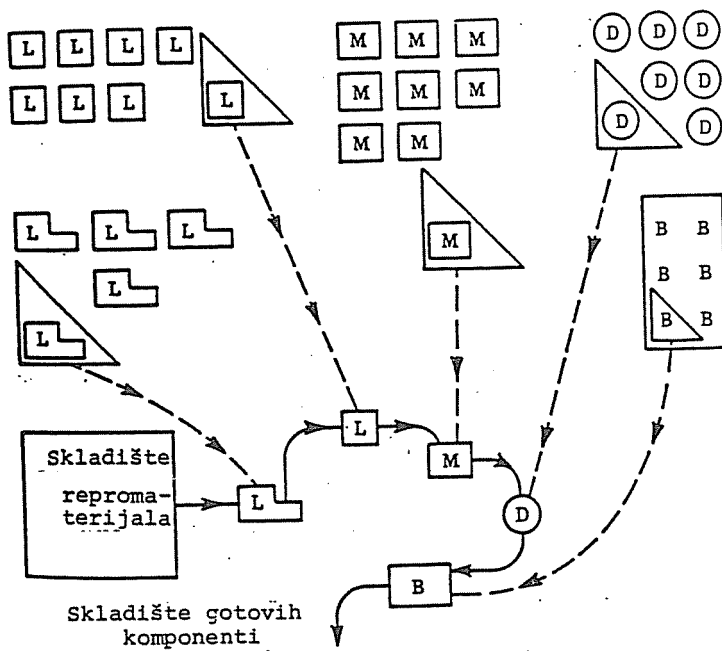
Posebno treba napomenuti da je jedna od glavnih karakteristika ove proizvodnje uprošćavanje sistema kretanja materijala i smanjena manipulacija.

Primena grupne tehnologije obuhvata dva koraka:

- A. Odredjivanje delova familije koji imaju isti ili sličan redosled operacija. Delovi jedne familije imaju zajedničke karakteristike bazirane na dimenzijama, obliku, polufabrikatu tehnološkim postupcima i niz drugih karakteristika. Na slici 3-13 je prikazana jedna familija delova. Postoji nekoliko metoda koje se koriste za identifikaciju članova familije:
 - iskustvo stručnjaka (može da se koristi samo u manjim radionicama),
 - svakoj komponenti se dodeljuje kodirani broj, gde brojevi opisuju sve značajne karakteristike, i
 - koriste se programi za identifikaciju.
- B. Proizvodna oprema se raspoređuje u ćelije i pri tome svaka od njih sadrži mašine koje se koriste za izvođenje procesa u okviru posebne familije delova (slika 3-14). Rezultat ovakvog rasporeda je stvaranje malih radionica u okviru pogona, odnosno

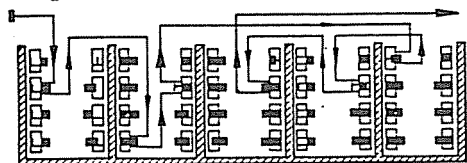


Slika 3 - 13

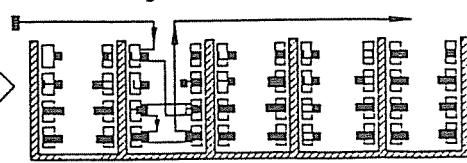


Slika 3 - 14

Raspored prema procesu



Proizvodnja u ćelijama



Slika 3 - 15

stvoreni su pod sistemi (proizvodne grupe) ljudi, mašina i komponenti iz date familije, koji su izvedeni u pogonu. Pojedine grupe (ćelije) mogu da variraju po veličini.

Zahtevani procesi svake familije komponenti se izvode u okviru ćelije (slika 3-15), a radno opterećenje se balansira prvenstveno izmedju pojedinih proizvodnih grupa, tako da se ćelije prilagođavaju zajedničkom modelu toka. Posebno treba napomenuti da svaka grupa radi sa izvesnim stepenom autonomije.

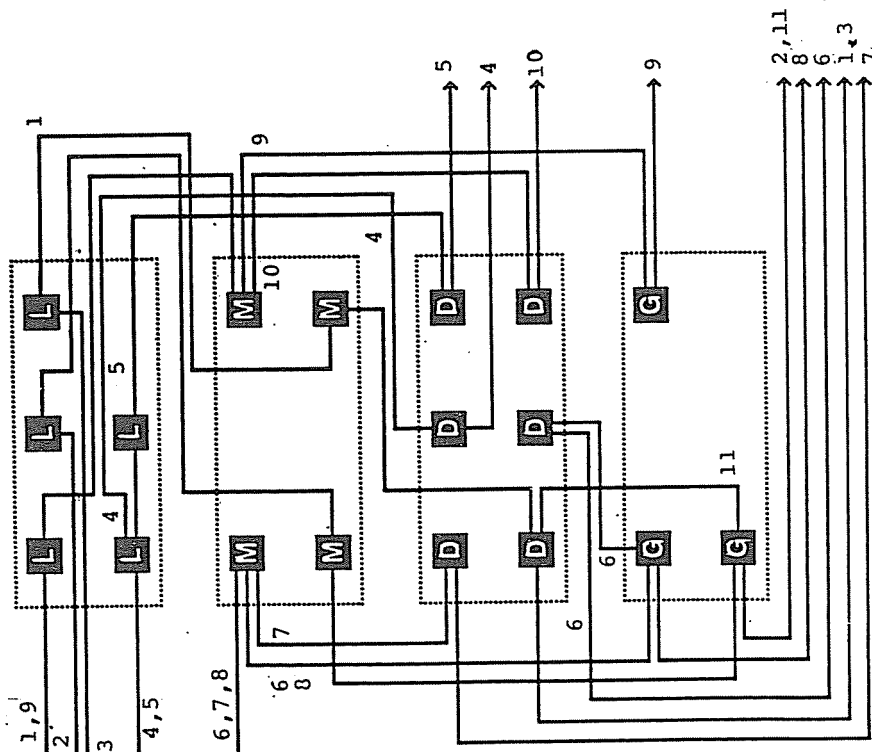
Postoji mogućnost da se i delovi više familija proizvode u jednoj ćeliji što delimično komplikuje problem. Ovo je prisutno kada je ćelija projektovana da proizvodi više nego što zahtevaju delovi jedne familije, tako da su mašine nedovoljno iskorišćene pa je neophodno uvesti kooperaciju izmedju ćelija.

Postoji mogućnost da se i delovi više familija proizvode u jednoj ćeliji što delimično komplikuje problem. Ovo je prisutno kada je ćelija projektovana da proizvodi više nego što zahtevaju delovi jedne familije, tako da su mašine nedovoljno iskorišćene pa je neophodno uvesti kooperaciju izmedju ćelija.

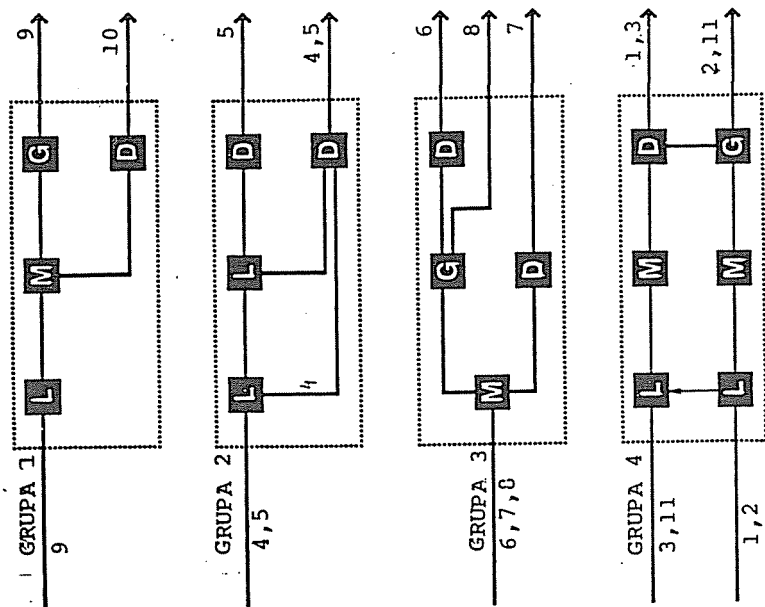
Osnovne karakteristike ćelijske proizvodnje:

- A. Kraći transportni putevi i manja manipulacija materijalom nego kod layout-a prema procesu (v. upoređenje dato na slici 3-16).
- B. Kraće vreme naručivanja.
- C. Smanjuje se vreme zadržavanja pojedinih delova u procesu do 80 % u odnosu na klasičnu radioničnu proizvodnju (manja količina nedovršene proizvodnje).
- D. Smanjena količina materijala u medju skladištima u odnosu na raspored prema procesu obrade.
- E. Bolja motivisanost radnika dovodi do povećanja produktivnosti.
- F. Uprošćeno planiranje i upravljanje proizvodnjom.
- G. Smanjuje se vreme pripreme tako da su manji troškovi zamene serije (kraće pripremno - završno vreme).
- H. Kraće vreme čekanja delova na obradu u odnosu na proizvodnju prema procesu obrade.
- I. Smanjena količina škarta.
- J. Bolje iskorišćenje radnih površina dovodi do smanjenih investicionih troškova za zgradu (do 20 %).

Layout prema procesu



Layout razvijen po principu
grupne tehnologije



Legenda: L-strugovi,
M-glodalice,
D-bušilice,
Č-bušilice.

K. Povoljnije iskorišćenje opreme nego u linijskoj proizvodnji.

L. Relativno visoka produktivnost.

M. Velika investiciona ulaganja.

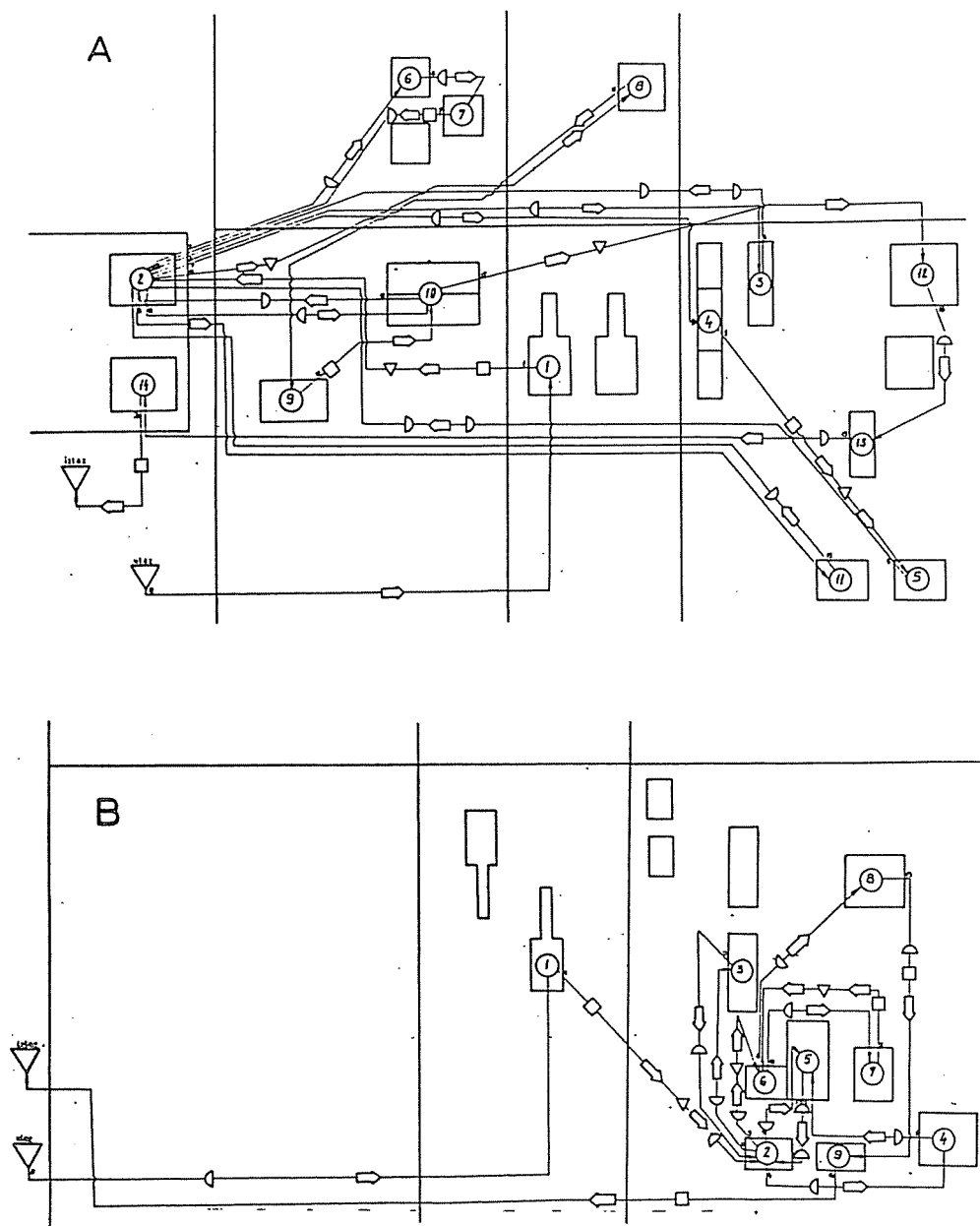
Na slikama 3-17 A i B je dat primer kretanja pojedinih pozicija u jednoj radionici sa rasporedom prema procesu obrade, pre rekonstrukcije i posle uvođenja grupne tehnologije.

Grupnu montažu je prva u potpunosti primenila fabrika Volvo u Kalmaru 1973. godine. Pri tome je celokupnu montažu vozila izvodilo 20 različitih timova, odnosno prvi put u automobilskoj industriji nije primenjena montažna linija. Ovakav način proizvodnje je proizašao iz potrebe brzog prilagodjavanja željama potrošača, pošto od sredine sedamdesetih godina dolazi do naglog porasta broja varijanti po proizvodu i do opadanja broja jedinica po varijanti. Ovakav trend se zadržao i do današnjih dana. Ovakav način proizvodnje je posebno pomogao razvoj novih tehnologija i fleksibilnih transportnih sistema (posebno razvijanje robokolica).

Celokupnu proizvodnju preuzimaju autonomne radne grupe specijalizovane po pojedinim grupama poslova. Radnici u okviru grupe mogu međusobno da se menjaju na izvršavanju pojedinih zadataka. Transport između pojedinih radnih grupa se izvodi robokolicima a vreme takta je dovoljno veliko da obezbedjuje promenljivi ritam rada u okviru pojedinih grupa (visoki stepen fleksibilnosti). Sam transportni uređaji koji nosi školjku automobila kroz ceo proces takodje obezbedjuje fleksibilnost u radu zato što može da automatski prati liniju kretanja (u podu je postavljen induktivni kabl i uređaj ima ugrađen mikroprocesor) ili da se skloni sa linije (u međuskladište) kada se njime ručno upravlja.

Osnovne karakteristike grupne montaže:

- A. Visoki stepen fleksibilnosti.
- B. Lakši radni uslovi i bolja motivisanost radnika u odnosu na linijsku proizvodnju.
- C. Dozvoljena varijacija takta proizvodnje u relativno širokim granicama.
- D. Relativno niski troškovi transporta.
- E. Moguće varijacije broja učesnika jednog radnog tima (otsustvo člana nadoknađuju drugi članovi tima).
- F. Nema ukrštanja transportnih puteva.
- G. Medjufazna skladišta su fleksibilna.
- H. Moguće je donošenje odluka u toku rada.
- I. Olakšano upravljanje proizvodnjom.



Slika 3 - 17

- J. Transportna sredstva prave manju buku od konvejera.
- K. Poremećaji u radu retko utiču na zaustavljanje celog sistema.
- L. Transport može da se odvija i za vreme prekida u radu (na pr. za vreme obeda), itd.

U daljem tekstu će se dati primeri izvodjenja kombinovanih sistema u savremenoj proizvodnji.

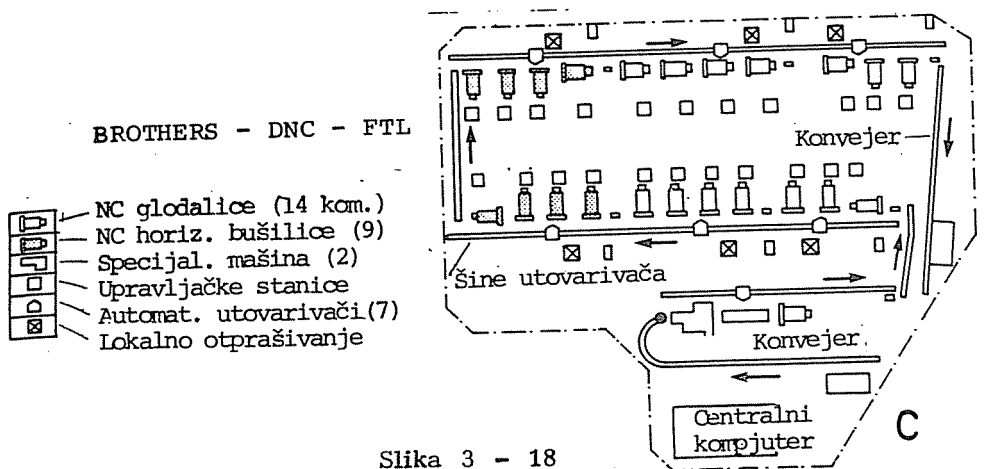
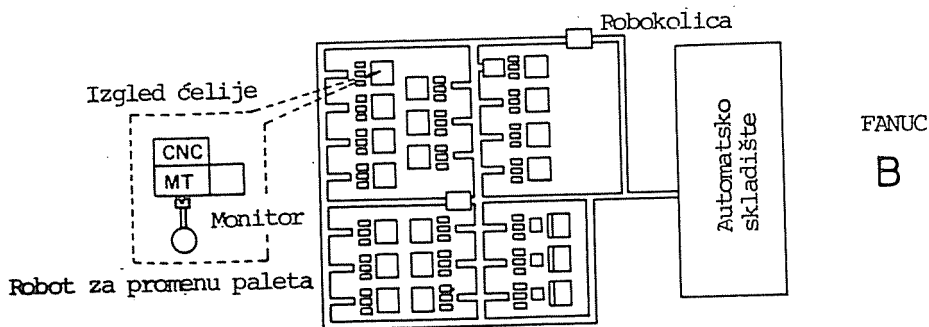
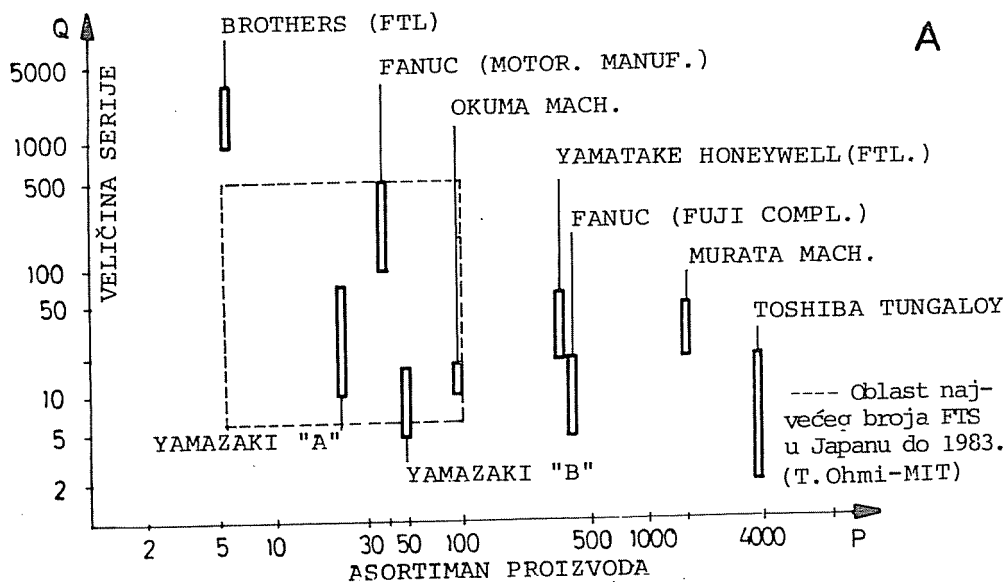
Pregled osnovnih karakteristika pojedinih fleksibilnih proizvodnih sistema u Japanu je prikazan P-Q dijagramom na slici 3-18A. Dijagram je formiran na osnovu podataka /67/ prikupljenih za sisteme koji su pušteni u rad do 1983. godine. Posebno je označena oblast u kojoj se nalazi većina od 53 izgradjena fleksibilna proizvodna sistema koje je analizirao T. Ohmi (Ministry of International Trade and Industry). P-Q dijagram obuhvata sledeće fabrike (u zagradi je dat proizvodni program):

- BROTHERS (šivaće i pisaće mašine, električna oprema),
- FANUC-FUJI COMPL.(CNC mašine alatke, roboti),
- FANUC-MOTOR MANUF. (servo motori),
- MURATA (robokolica, VR skladišta, mašine alatke),
- OKUMA (mašine alatke, komponente za FTS),
- TOSHIBA (obrada odlivaka za alatne mašine),
- YAMATAKE (ventili),
- YAMAZAKI "A" (delovi alatnih mašina),
- YAMAZAKI "B" (obrada teških delova za alatne mašine).

Na slici 3-18B je prikazan raspored ćelija u FTS FANUC, a na slici 3-18C je dat izgled DNC fleksibilne tehnološke linije Brothers.

Na slici 3-19 je prikazano vratilo reduktora, predstavnik familije delova koji se obradjuju u fleksibilnom proizvodnom sistemu firme EMAG (Z. Nemačka). Osnovne operacije, broj mašina, vreme takta i stepen iskorišće - nja pojedinih mašina su prikazani tabelarno. Na slici 3-20 je dat izgled ovog postrojenja. Materijal se dovozi paletizovan viljuškarom, transport unutar sistema izvode linijski manipulatori.

Na slici 3-21 je dat izgled jedne fleksibilne proizvodne linije za izradu vratila i fleksibilne proizvodne ćelije za izradu zupčanika. Slika 3 - 22 prikazuje fleksibilni proizvodni sistem (Monamatic 1000 SP - Bleichert) za izradu tabli za instrumente putničkih vozila. Radna mesta se opslužuju ručno ili robotom. Smesa za livenje se prenosi sistemom fleksibilnih vagoneta.



Slika 3 - 18

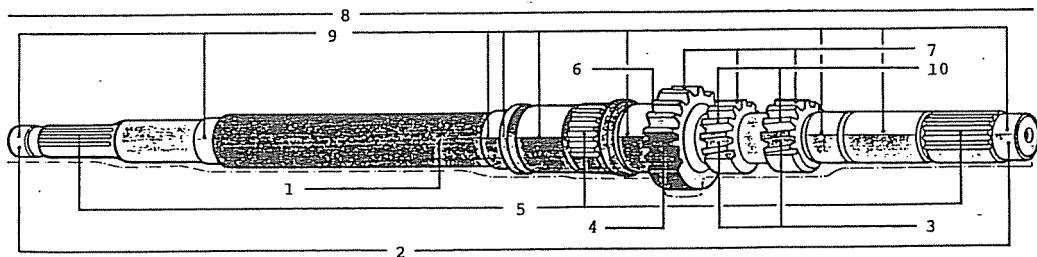
Na slikama 3-23 do 3-25 su data rešenja grupe montaže u automobilskoj industriji. Na slici 3-26 je prikazan portalni manipulator (sa integrisanim linijskim manipulatorom) za transport školjki automobila.

3.08. Sistemi sa fiksnim pozicijama proizvoda

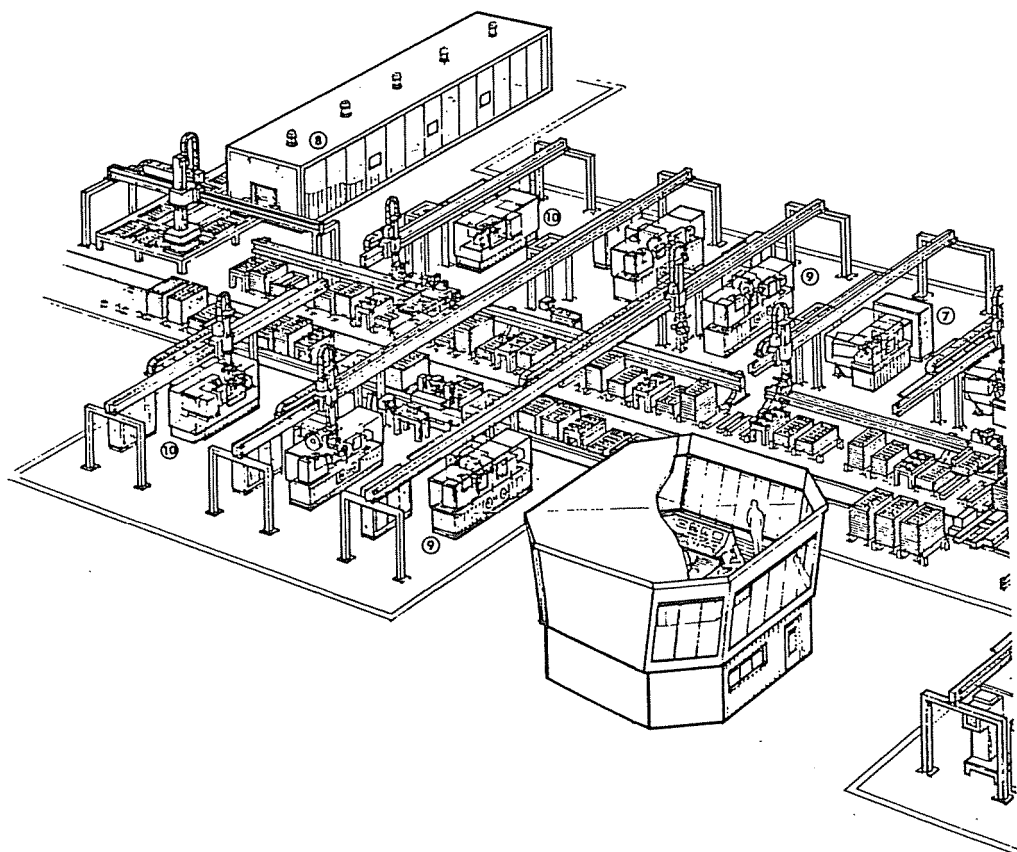
Kod rešenja layout-a sa fiksnim pozicijama proizvod je stacionaran dok mu se resursi (ljudi, oprema, alati i materijal) prinose. Ovakav način proizvodnje se primenjuje kod proizvoda veoma velikog gabarita i mase: brodovi, avioni, proizvodi koji se sklapaju na sopstvenom temelju - kotlovi, mostovi, itd.). Proizvodni program obuhvata veoma mali asortiman proizvoda koji se izrađuju u malim serijama ili najčešće pojedinačno. Proces montaže se izvodi počev od osnove proizvoda i baziran je na tehnološkom prioritetu operacija, tako da jedan od glavnih problema projektovanja predstavlja planiranje operacija.

Ove vrste layout-a se primenjuju kada dimenzije, masa, troškovi i drugi faktori pokazuju da je nepoželjno ili nepraktično pokretati proizvod kroz sistem.

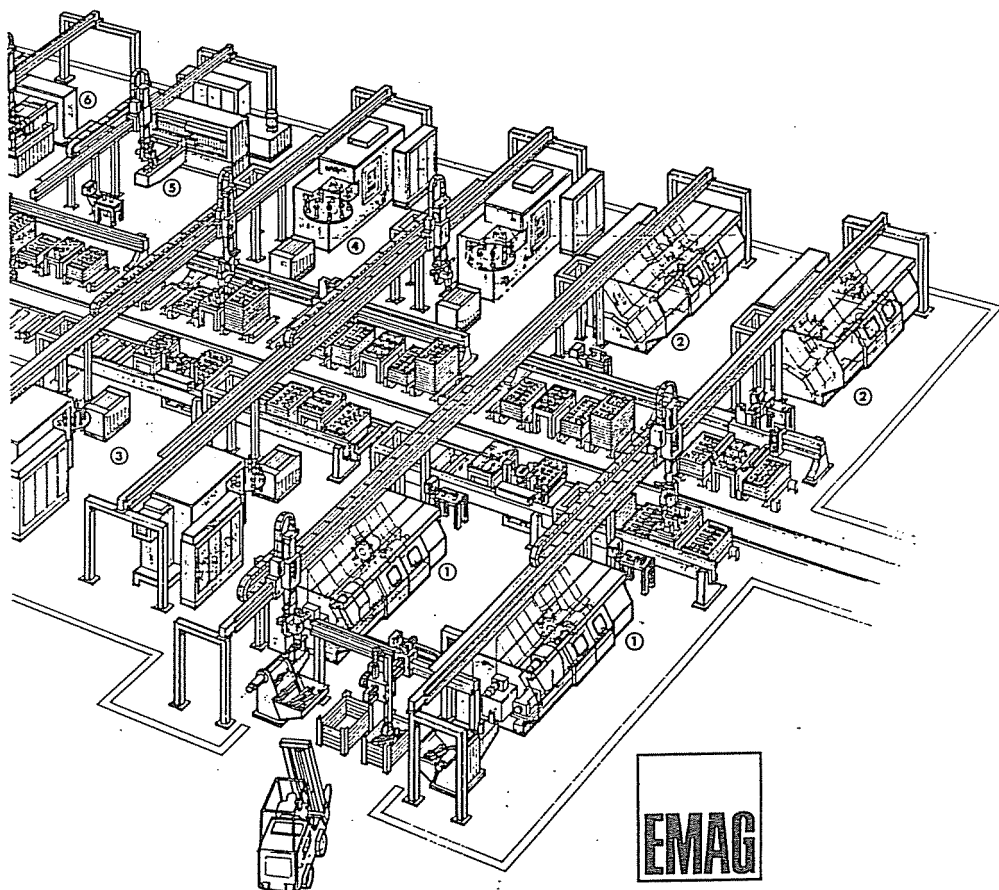
OPERACIJA	MAŠINA	BROJ MAŠINA	TAKT/ min.	STEPEN ISKORIŠĆENJA
1.Grubo struganje	Automatski strug USC-11	2	1,30	85%
2.Sečenje,centriranje i struganje	Automatski strug USC-17	2	1,30	85%
3.Glodanje	CNC-glodalica	2	1,10	72%
4.Izrada zuba	Mašina za izradu zuba	2	1,20	76%
5.Valjanje	Mašina za valjanje	1	0,70	91%
6.Zakošavanje zuba		1	0,42	54%
7.Obaranje ivica		1	0,42	54%
8.Termička obrada				
9.Brušenje	CNC-brusilica	4	1,40	91%
10.Doterivanje	Mašina za doterivanje	2	0,80	52%



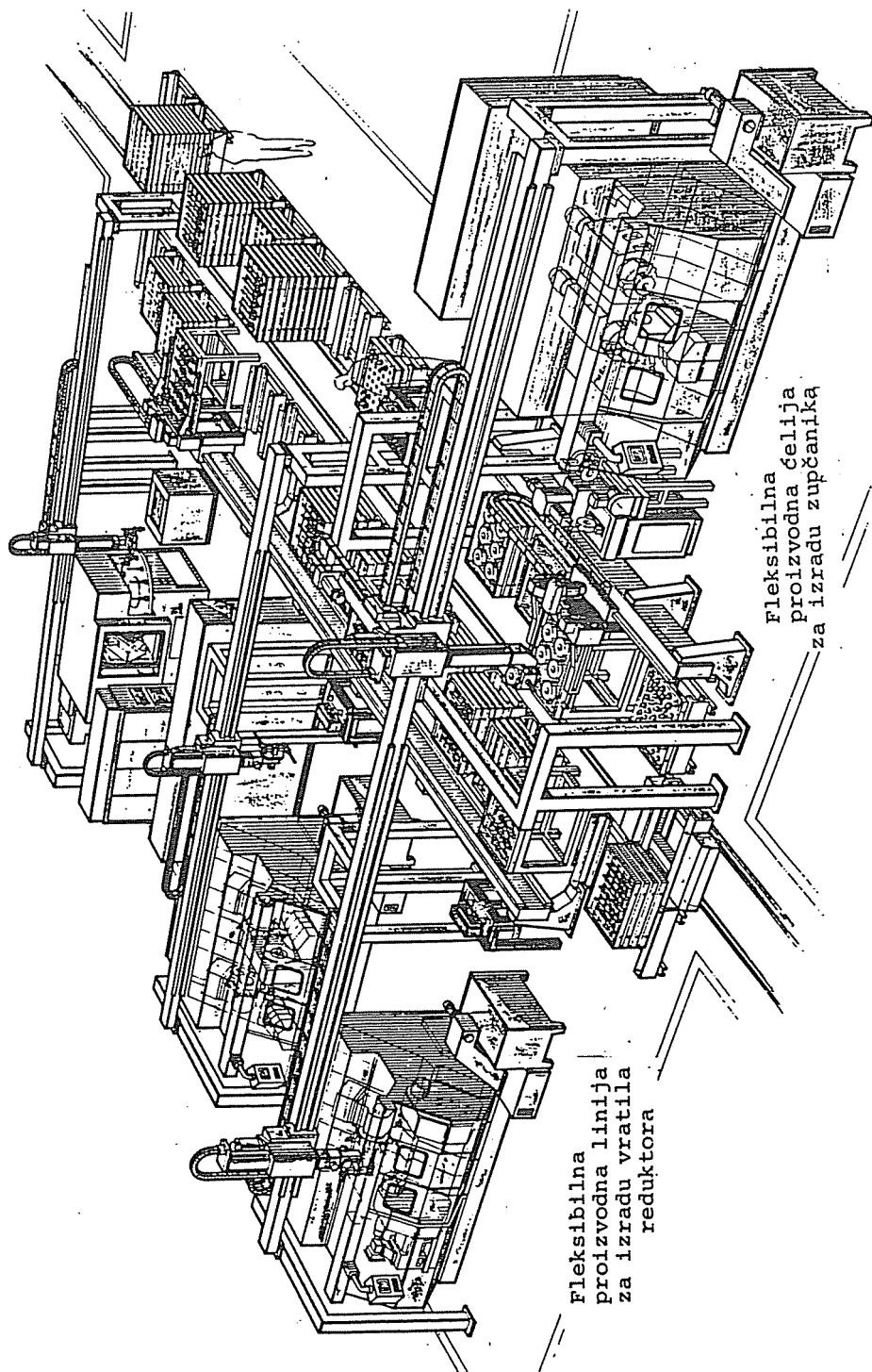
Slika 3 - 19



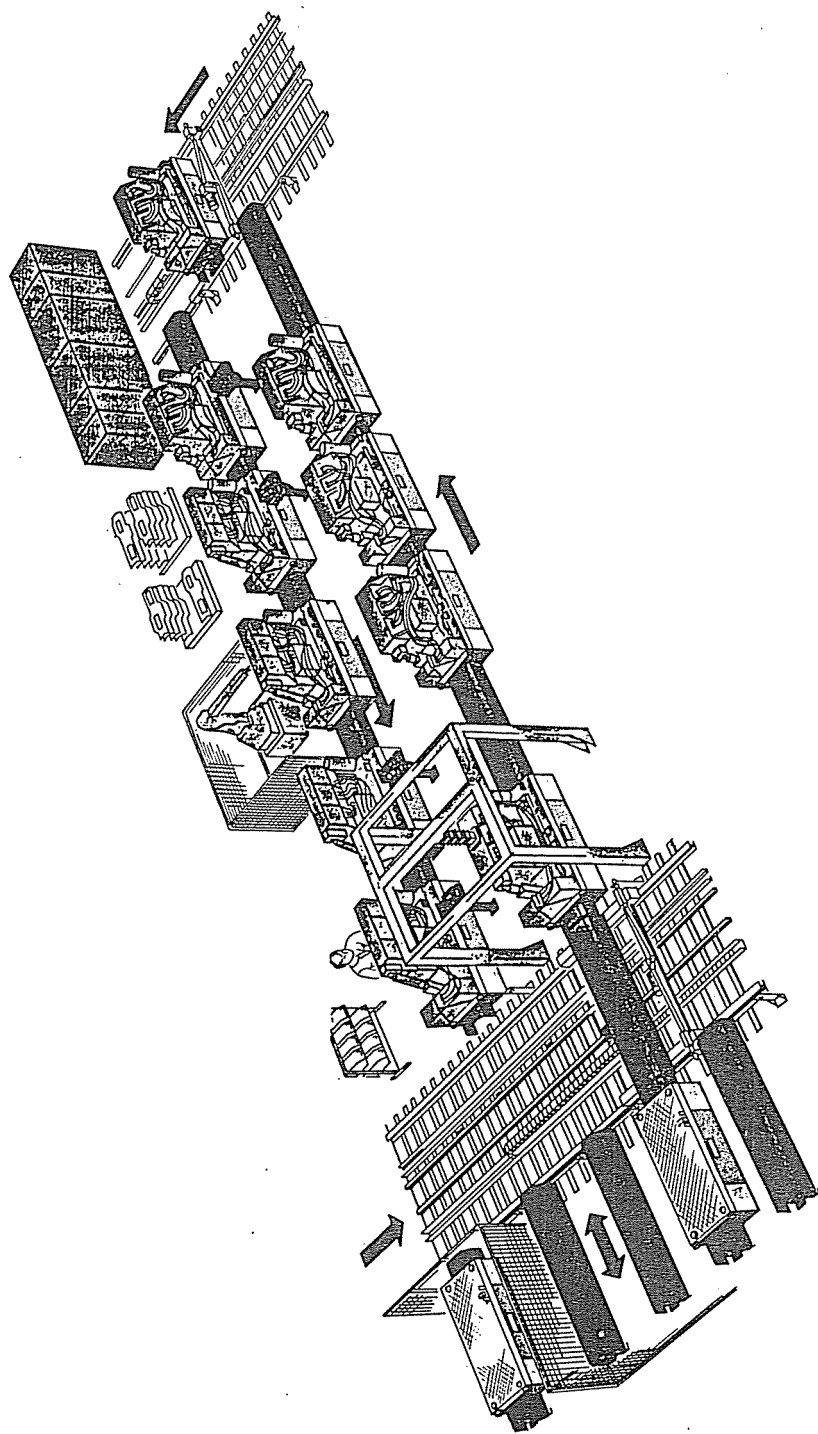
Slika 3 - 20



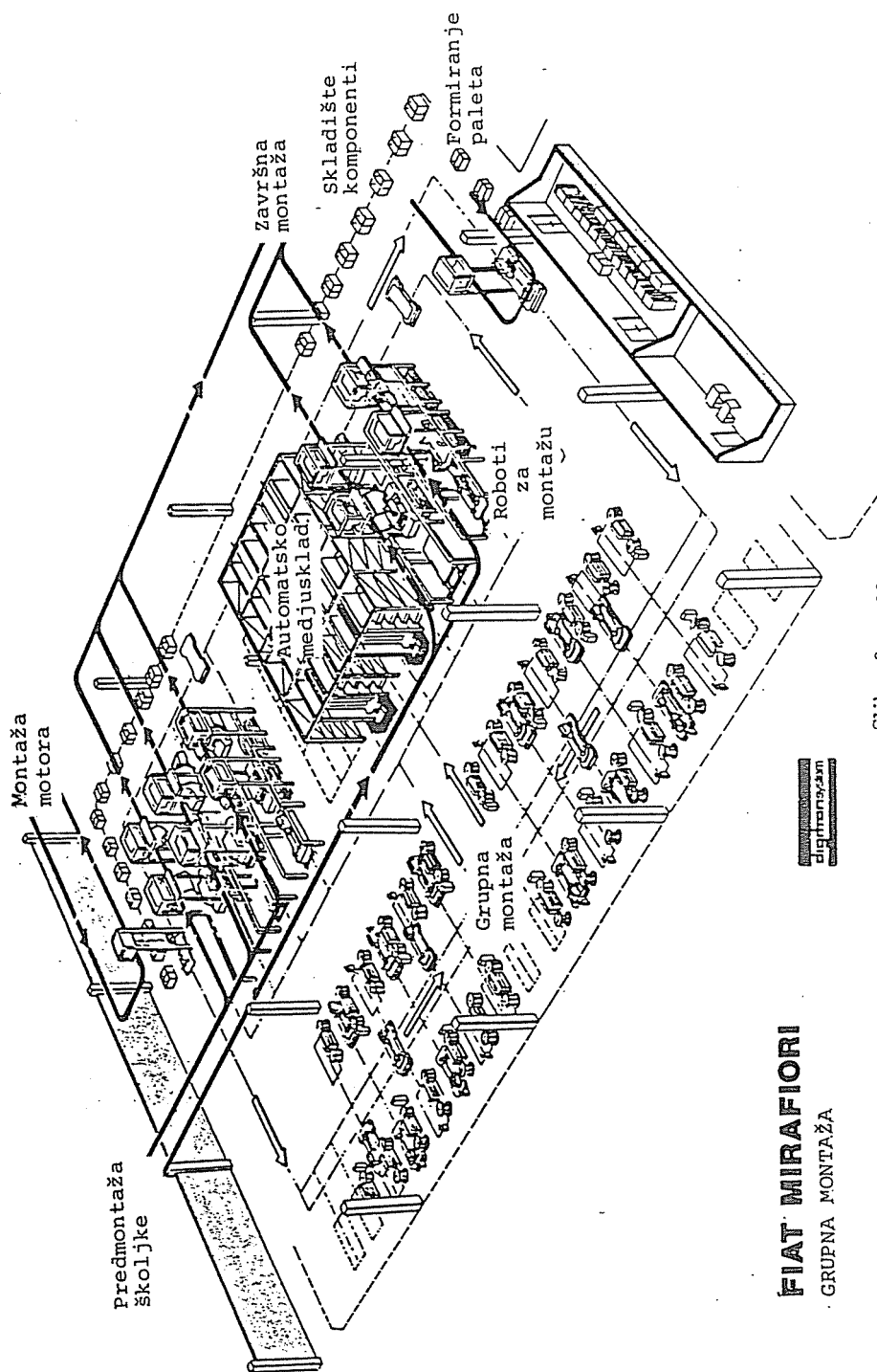
Nastavak slike 3 - 20



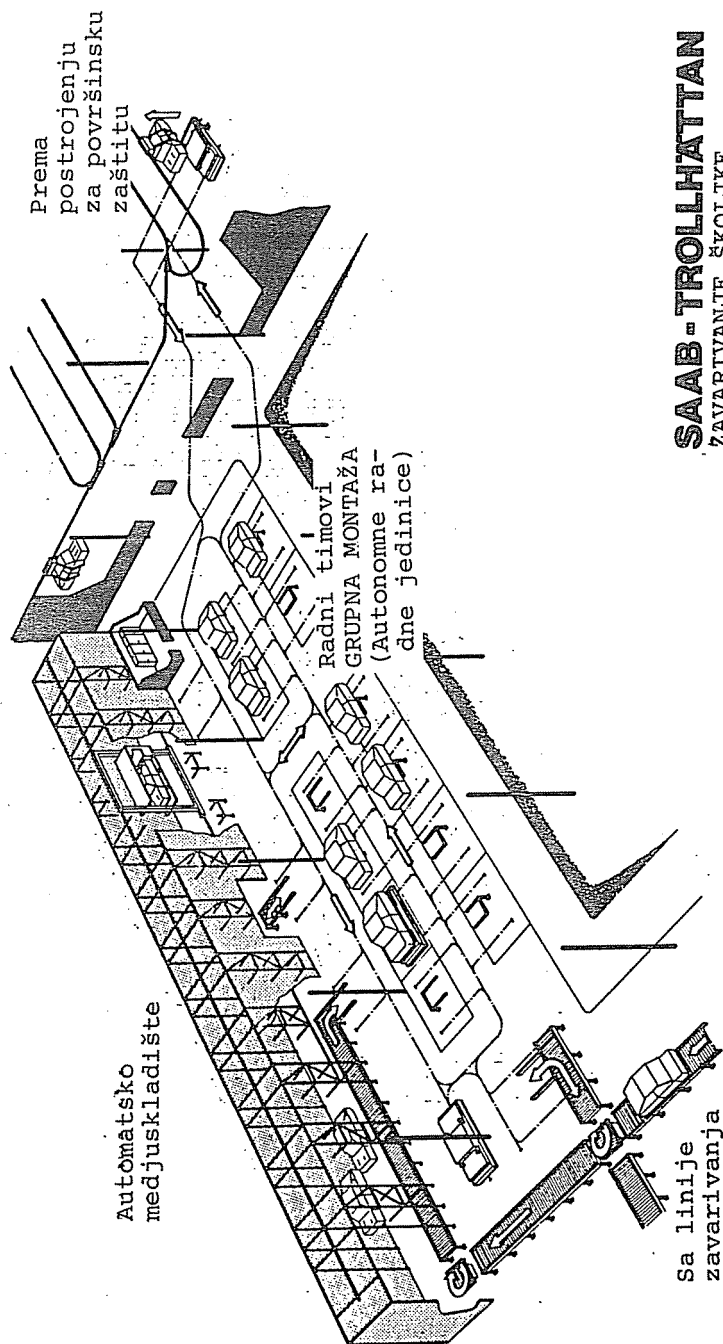
Slika 3 - 21



Slika 3 - 22



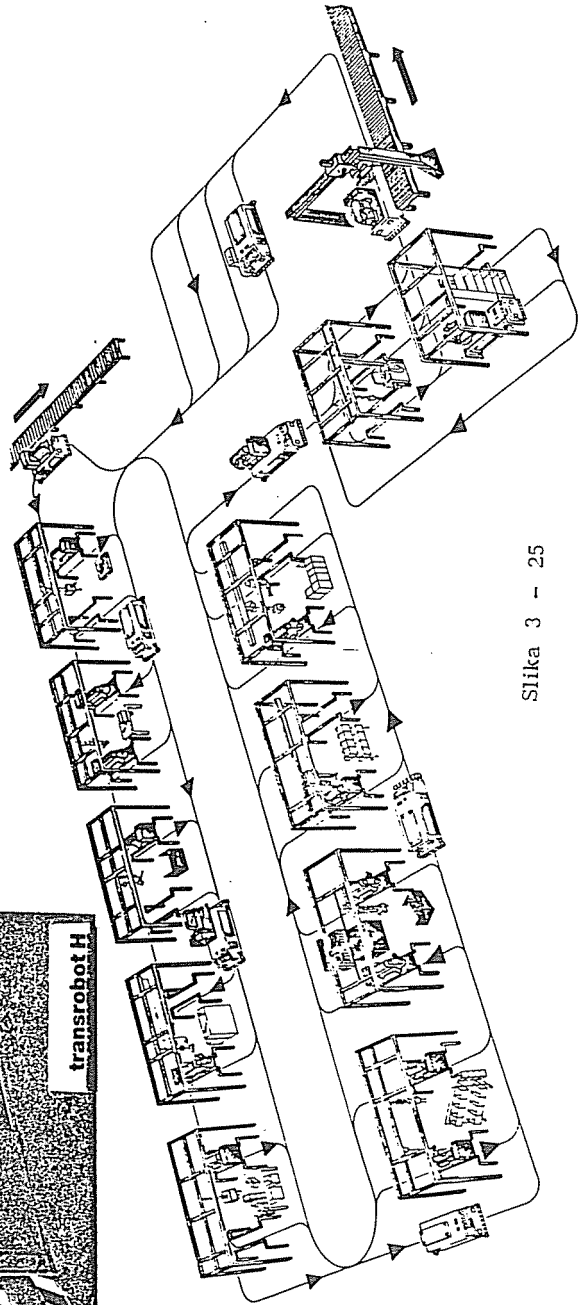
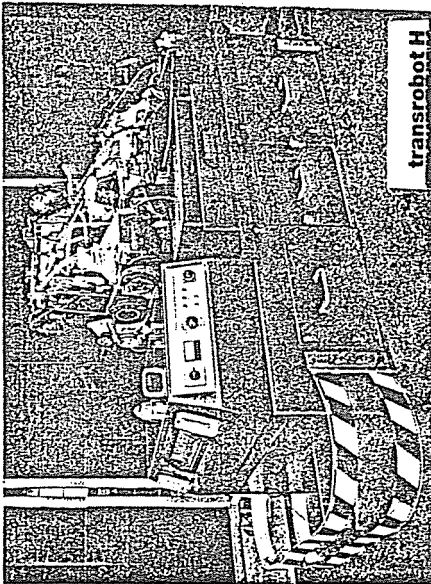
FIAT MIRAFIORI
GRUPNA MONTAŽA



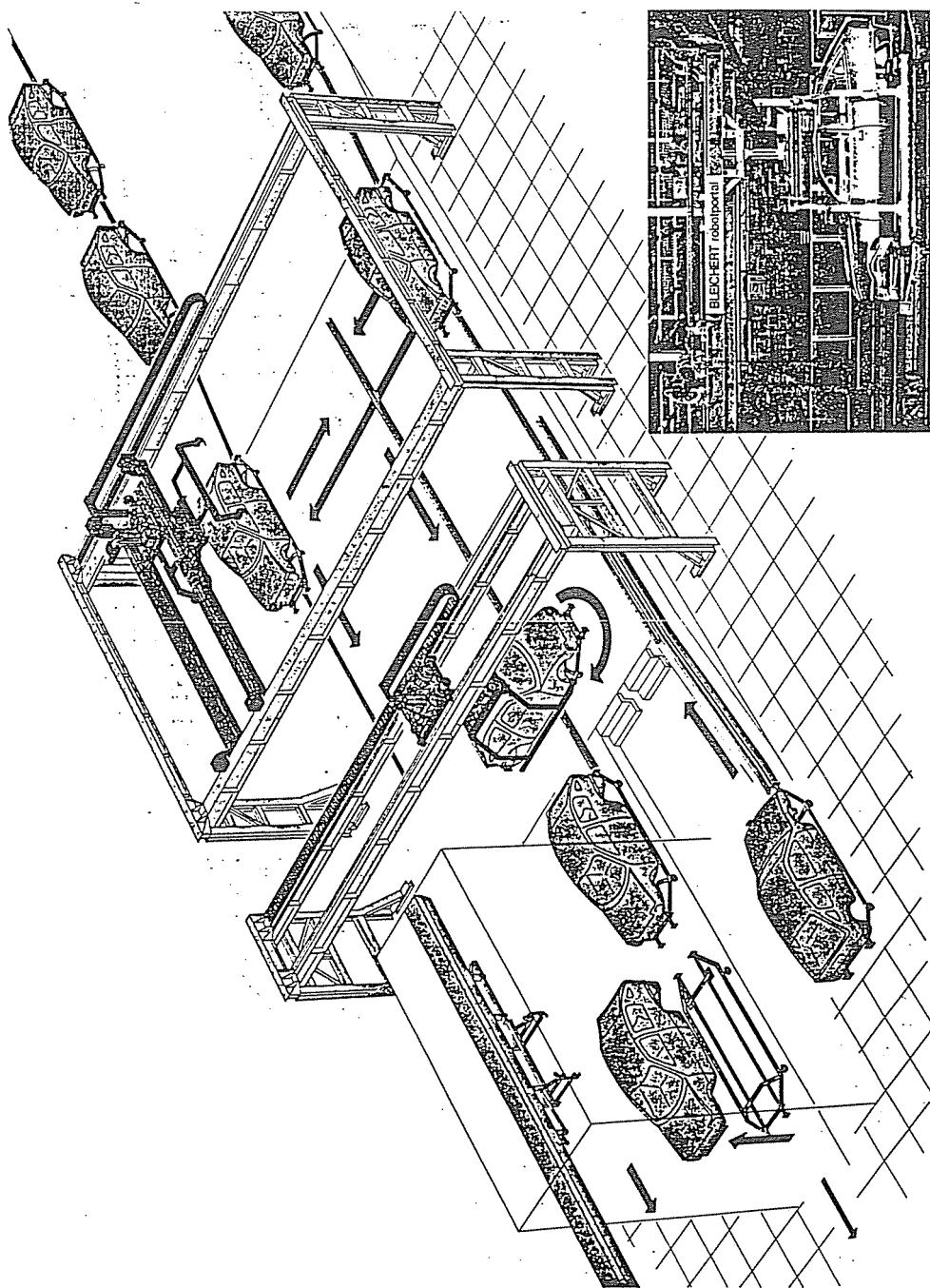
SAAB-TROLLHATTAN
 ZAVARIVANJE SKOLJKE
 AUTOMOBILA
 GRUPNA MONTAŽA

digitalsystem
 1987-1988

Slika 3 - 24



Slika 3 - 25

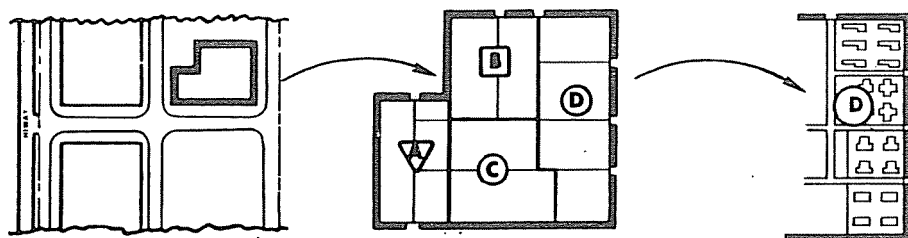


Slika 3 - 26

4. RAZMEŠTAJ OPREME I PROSTORA

Razmeštaj opreme i prostora može da bude definisan kao proces dobijanja optimalne dispozicije fizičkih sredstava jedne proizvodne jedinice. Pri tome, dispozicija fizičkih sredstava obuhvata formiranje sledećih prostornih struktura (slika 4-1):

- raspored objekata u okviru situacionog plana (1 faza),
- raspored radionica i odeljenja unutar jednog objekta (2 faza), i
- raspored mašina, odnosno radnih mesta u okviru jednog pogona (3 faza).



Slika 4 - 1

Značaj dobijanja najboljeg mogućeg rasporeda proizvodnih sredstava i proizvodnog prostora, optimirajući relativnu lokaciju prema datom kriterijumu, je poznat već duže vremena i na tom polju su izvršena mnoga istraživanja (Immer, Mallik, Gaudreau, Moor, Apple, Muther, Buffa, Francius, White i drugi). Navedena istraživanja su prvenstveno teorijskog karaktera, ali mnoga od njih su se pokazala pogodna i za primenu u projektantskoj praksi.

Efikasan raspored opreme i prostora u okviru proizvodnog pogona mora da zadovolji neki ili sve od sledećih kriterijuma:

A. Da se ostvare minimalni troškovi unutrašnjeg transporta. Pos- tiže se pravilnim izborom transportnog sistema i izborom relativnog odnosa lokacija opreme, radnih mesta i radnih prostora. Kvalitet rešenja se ocenju- je preko broja transportnih ciklusa, predjenog puta, transportnog učinka (pro- izvod iz obima transporta i odgovarajućeg rastojanja transportovanja), učeš- ća ručnog manipulisanja materijalom itd.

B. Da se minimiziraju povratne putanje i izbegne po mogućstvu uk- rštanje transportnih puteva. Razmeštaj opreme i prostora treba da obezbedi da rad teče u nizu po odredjenom redosledu samo u jednom smeru, odnosno svuda gde je to moguće da se eliminišu povratne trase.

C. Da se ostvare minimalni investicioni troškovi. Razmeštaj direk- tno utiče na formiranje investicionih troškova potrebnih za realizaciju neop- hodnog prostora. Jedan od indikatora efikasnosti može da bude odnos prostora upotrebljenog za opremu prema prostoru koji se koristi za skladištenje materijala u procesu.

D. Da budu minimalni eksploatacioni troškovi. Optimalni raspored proizvodne opreme može da reducira ukupne troškove unutrašnjeg transporta, da smanji zalihe nedovršene proizvodnje, omogući efikasnije funkcionisanje celog postrojenja i ima izvestan pozitivan uticaj na upravljanje proizvodnjom.

E. Razmeštaj opreme i proizvodnog prostora treba da omogući fleksibil- nost u proizvodnji. Ovim se postiže da pogon može da se prilagodi različit - im uslovima proizvodnje (promena proizvodnog programa, povećanje obima proizvodnje, proširenje itd.).

F. Da se minimizira ukupno vreme potrebno za izvodjenje ciklusa proizvodnje.

G. Da se minimizira broj različitih tipova uređaja unutrašnjeg tr- ansporta.

H. Da se obezbede pogodni radni uslovi, sigurnost i udobnost za - poslenih.

I. Da se omogući nesmetano izvodjenje proizvodnog procesa, odno- sno, efikasno korišćenje mašina, osoblja i raspoloživog prostora.

J. Da se omogući proširenje pogona ne ometajući glavne tehnološke tokove.

K. Da se omogući lako upravljanje proizvodnjom.

Pored različitih ciljeva koji mogu da se postave projektantu, pri - sutno je niz ograničenja koja utiču na formiranje rešenja, od kojih će se ne- ka navesti:

- postojeća zgrada (položaj stubova, zidova, rampi za prijem i ot- premu, nosivost poda, skladišne površine, kancelarije, osvetljenje, instala- cija za ventilaciju i odsisavanje prašine, snabdevanje vodom i energijom itd.),

- troškovi preuredjenja postojećeg objekta (gradjevinski elementi, premeštanje opreme i instalacija),
- nivo buke,
- zagađenost pojedinih pogona,
- vibracije i potresi,
- širina prolaza i saobraćajnica,
- način transporta (kontinualni ili diskontinualni),
- geometrija novo projektovane zgrade,
- održavanje uredjaja,
- razni propisi, itd.

4.01. Formiranje prostorne strukture

Pri razmatranju problema razmeštaja proizvodnog i pomoćnog prostora, opreme i radnih mesta, uočava se da postoji veliki broj alternativa koje mogu da se realizuju. Problem se sastoji u tome da se iz skupa mogućih rešenja izabere ono, koje najbolje ispunjava tehničke i ekonomske uslove date projektnim zadatkom.

U osnovi mogu da se razlikuju dva načina izbora prostorne strukture nekog sistema:

- prema intuiciji, i
- prema formalnim pravilima rešavanja.

U prvom slučaju kriterijumi merodavni za izbor rešenja se dobijaju razmišljanjem jedne ili više osoba koje učestvuju u procesu odlučivanja. Formiraju se pojedina rešenja i pri tome se koriste skice, modeli (isečeni od hartije ili prostorni - makete) ili dispozicioni crteži. Alternative se razmatraju i ocenjuju medjusobno prema izabranim kriterijumima i na taj način se dolazi do rešenja. Ovakav postupak izbora rešenja je jednostavan, neposredan i omogućuje relativno brzo donošenje odluke. Rešenje zavisi od kompleksnosti problema, kvaliteta i iskustva učesnika u odlučivanju i može da se primeni uglavnom u jednostavnim situacijama.

U drugom slučaju se koriste razni modeli koji opisuju problem razmeštaja pomoću šema, različitih dijagrama, karti tokova materijala, matri - ca zavisnosti pojedinih lokacija ili računskih postupaka. Takvi modeli postoje u literaturi, tako da se postavlja problem njihovog izbora i primene, što zavisi od niza faktora koji su značajni za odlučivanje.

Pri izboru postupka za razmeštaj opreme i analizi pojedinih alternativa, treba obratiti pažnju na sledeće:

- postupak razmeštaja treba da omogući selekciju pojedinih tipova rešenja,
- troškovi postupka (i izbora odgovarajućeg rešenja) moraju da budu u relaciji sa koštanjem izabranog rešenja, i

- potrebno je naznačiti moguće subjektivne uticaje da bi se pokazalo kako utiču na konačan izbor rešenja.

Subjektivni uticaji mogu da nastupe kod sledećih koraka u postupku razmeštaja lokacija:

- izbora kriterijuma,
- medjusobne težine kriterijuma,
- odredjivanja vrednosti predloženih rešenja u odnosu na kriterijum, i
- klasifikacije vrednosti za nemerljive veličine.

Kod rešavanja svakog problema mogu da budu različiti broj i vrsta kriterijuma, zavisno od odgovarajućih zahteva i informacija koje stoje na raspoloženju. Pri tome, samo razmatranje svih relativnih kriterijuma omogućava odgovarajući izbor. Navešće se neki od kriterijuma koji mogu da se koriste pri formiranju prostornih struktura:

A. Tehnički kriterijumi - intenzitet toka materijala, dužina transportnog puta, transportni učinak, vreme potrebno za transportovanje itd.,

B. Ekonomski kriterijumi - investicioni troškovi, eksploatacioni troškovi itd.,

C. Kriterijumi uslovljeni sistemom - uslovi rada, vrsta energije, lični kontakt itd.

U osnovi razmeštaj opreme, odnosno uredjenje proizvodnog prostora može da se izvrši na dva načina:

A. Razmeštaj proizvodne opreme prema vrsti procesa. Mašine i uređaji se grupišu, prema funkciji koju obavljaju, u specijalizovana odeljenja. Lokacije ovih odeljenja su odredjene prema datom kriterijumu zavisno od tehnološkog procesa.

B. Razmeštaj proizvodne opreme prema redosledu tehnoloških operacija (grupisanje mašina prema redosledu poslova). Oprema se postavlja u liniji, gde je redosled izvodjenja operacija ili radnih mesta diktiran komadom koji se izradjuje.

Isključivo postojanje ma kojeg od ovih rasporeda u okviru jedne fabrike je retko u praksi. Najveći broj rešenja predstavlja kombinaciju ovih strategija. Medjutim, ma koji način razmeštaja da je usvojen postoje izvesni kriterijumi koje odgovarajuće rešenje treba da zadovolji.

Postupak razmeštanja pojedinih lokacija se izvodi tako što se prvo planira celokupan prostor, odnosno počinje se sa uredjenjem fabrike kao celine, a potom se pristupa formiranju rasporeda opreme u okviru svake radionice, odnosno odeljenja.

Pri tome osnovni pristup postupku rasporedjivanja opreme i prostora može da se izvede na dva načina i to:

- kvantitativni, kada međusobni odnos pojedinih lokacija određuje tok tehnološkog procesa i količine materijala koje se kreću kroz proces, i

- kvalitativni, kada se uključuju u razmatranje sve aktivnosti koje su značajne za odvijanje datog procesa, kao kretanje zaposlenih, lični kontakt, buka, zagađenost pojedinih procesa itd.; ovaj način se znatno koristi kada se transportuju male količine, odnosno kada protok materijala nema bitan uticaj na razmeštaj pojedinih lokacija.

U daljem tekstu će se opisati osnovni modeli za kvantitativni i kvalitativni razmeštaj lokacija.

4.02. Odredjivanje transportnog učinka

Kako je već ranije pomenuto raspored lokacija opreme i prostora određuje niz činilaca medju kojima su najznačajniji tok tehnološkog procesa i količine materijala koje se kreću kroz dati proces. Tako da većina metoda koje za iznalaženje rešenja koriste kvantitativne pokazatelje kao osnovni cilj postavlja ostvarivanje najmanjeg transportnog učinka pri kretanju materijala kroz proces. Za jednu oblikovanu prostornu strukturu, definisanu kvadratnom matricom dužine puteva ($L = |l_{i,j}|$), transportni učinak je definisan izrazom:

$$|\min| F = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n q_{i,j} \cdot l_{i,j}, \quad i,j = 1,2,3,\dots,n$$

gde je:

F - ukupni transportni učinak (tm),

$q_{i,j}$ - količina materijala (t, m^3, N_{TJ}), koja se kreće od i-te do j-te lokacije, i

$l_{i,j}$ - dužina transportnog puta između i-te i j-te lokacije.

Transportni učinak može da se izrazi i preko broja ciklusa (N) koje obavi transportni uređaj (na pr. viljuškar):

$$F = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n N_{i,j} \cdot l_{i,j}$$

gde je:

$N_{i,j}$ - broj ciklusa koji se obavi između i-te i j-te lokacije.

Pošto je minimiziranje transportnih troškova veoma značajan ekonomski kriterijum kod formiranja i izgradnje prostorne strukture jednog proizvodnog objekta, funkcija cilja može da bude data izrazom:

$$|\min| T = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n q_{i,j} \cdot l_{i,j} \cdot c_{i,j}, \quad i,j = 1,2,3,\dots,n,$$

gde je:

T - ukupni troškovi transporta (din),

$c_{i,j}$ - veličina jediničnih troškova transporta od i -te do j -te lokacije (po dužnom metru puta).

Značajan element u formulisanju analitičkog modela za razmeštaj opreme i prostora predstavlja određivanje rastojanja između pojedinih lokacija. Pri tome treba napomenuti, da je u realnim situacijama često pogodno da se funkcije F ili T razmatraju kao funkcije rastojanja (d).

Rastojanje (d) između pojedinih lokacija može da se definiše na dva načina:

- pravolinijsko rastojanje između dve tačke - Euklidovo (najčešće se koristi kod primene konvejskog ili pneumatskog transporta), je dato izrazom

$$d(P_1, P_2) = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2} / \frac{1}{2},$$

gde su (x_1, y_1) i (x_2, y_2) koordinate tačaka P_1 i P_2 u pravougaonom koordinatnom sistemu, i

- ugaono pravolinijsko (rektangularno) rastojanje između tačaka

$$d(P_1, P_2) = (x_2 - x_1) + (y_2 - y_1),$$

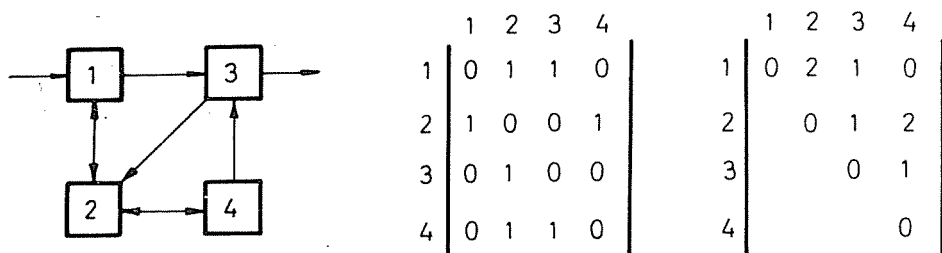
gde (x) i (y) imaju isto značenje kao i ranije.

Rektangularno rastojanje je od posebnog značaja pri analizi lokacija proizvodnih sistema, gde moguća rastojanja često nisu pravolinijska.

4.03. Matrica OD - DO

Kod kvantitativnog pristupa razmeštaja lokacija radnih mesta, opreme ili prostora često se koristi matrica OD-DO, koja omogućuje da se prikaže kretanje materijala, između pojedinih faza proizvodnje. Količina materijala koji se kreće između pojedinih lokacija može da se izrazi brojem komada, masom (t , kg), brojem transportnih jedinica (N_{TJ}) ili brojem transportnih ciklusa (N_C).

Matrica OD-DO može da se koristi i za prikazivanje tehnološke povezanosti pojedinih lokacija, pri čemu može da bude orijentisana, tj. da uzima u obzir smerove kretanja i neorijentisana kada su prikazane samo veze između pojedinih lokacija. Na slici 4-2 je dat primer strukturne šeme četiri mašine sa odgovarajućom orijentisanom i neorijentisanom matricom veza. Prikazana neorijentisana matrica prikazuje jačinu pojedinih veza zavisno od orijentacije kretanja (jednosmerna veza je označena sa 1, a dvosmerna 2).



Slika 4 - 2

Neorijentisana matrica može da prikaže i samo postojanje neke veze izmedju lokacija bez obzira na jačinu te veze i u tom slučaju dobija oblik:

	1	2	3	4
1	0	1	1	0
2		0	1	1
3			0	1
4				0

Primer. U datom primeru analizira se transport izmedju 11 proizvodnih odeljenja. Brojevi odeljenja se unose u matricu OD-DO kako je prikazano na slici 4-3. Broj transportnih jedinica koje se kreću izmedju pojedinih odeljenja se unose u kartu (na pr. od odeljenja 4 do 6 se prenosi 100 TJ i od 6 do 4, 100 TJ; ukupno 200 transportnih jedinica se kreće izmedju 4 i 6).

Na osnovu veza iz matrice OD-DO se formiraju dijagrami medju - zavisnosti lokacija. Redosled postupka razmeštaja odeljenja je prikazan na slikama 4-4 i 4-5.

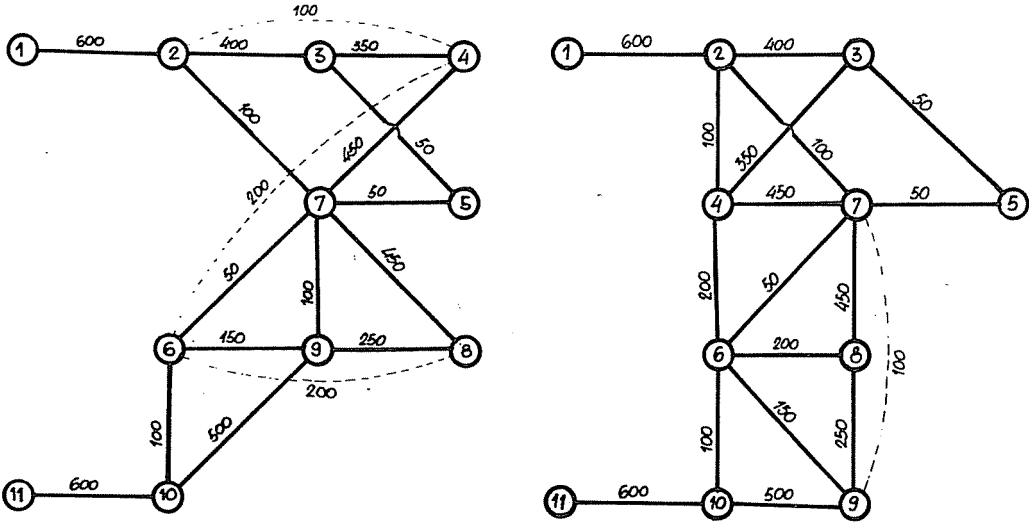
4.04. Matrica medjuzavisnosti aktivnosti

Postupak razmeštaja, radnih mesta, opreme ili prostora korišće - njem matrice medjuzavisnosti aktivnosti (REL-CHART) je razvio R.Muther /51/.

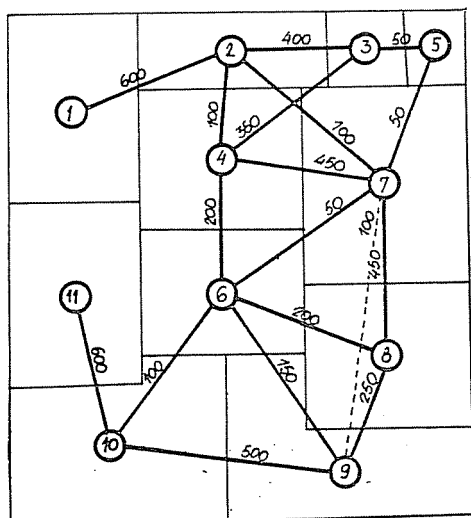
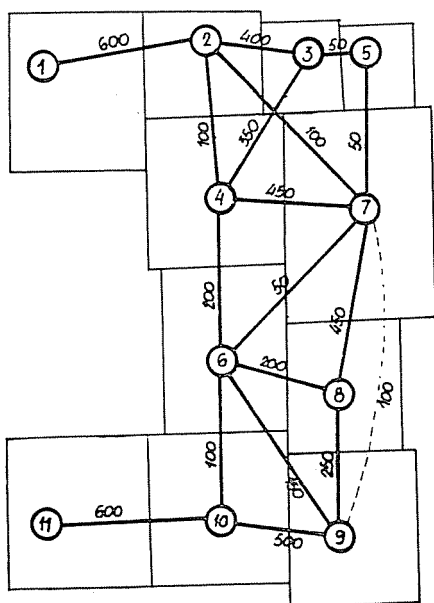
Odnosi izmedju pojedinih funkcionalnih celina, prostora ili mašina mogu da se prikažu pomoću jedne trouglaste matrice u kojoj su definisane zavisnosti izmedju svake pojedine aktivnosti i ostalih aktivnosti (slika 4-6). Svako polje u kome je naznačena jačina veze dve aktivnosti je podeljeno horizontalnom tačkastom linijom. Gornji deo polja se upotrebljava za unošenje jačine pojedinih veza, a donji za upisivanje broja koji ukazuje na razlog za određivanje date zavisnosti.

D	D										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1		600									
2			400	100			100				
3				350	50						
4						100	450				
5							50				
6				100					150	100	
7						50		450	100		
8						200			250		
9										500	
10											600
11											

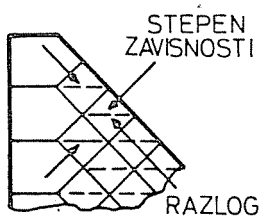
Slika 4 - 3



Slika 4 - 4

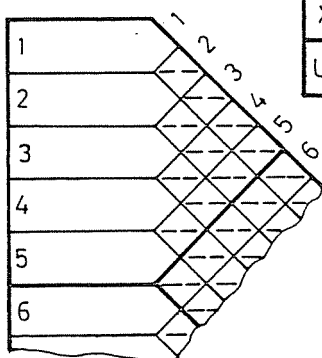


Slika 4 - 5



	STEPEN ZAVISNOSTI	BROJ VEZA
A	APSOLUTNO NEOPHODNO	
E	VEOMA VAŽNO	
I	VAŽNO	
O	POTREBNO	
U	NEVAŽNO	
X	NEPOZELJNO	
XX	VEOMA NEPOZELJNO	
UKUPNO = $\frac{N \times (N-1)}{2}$		

	RAZLOG
1	BUKA
2	VIBRACIJE
3	PRAŠINA ITD.
4	
5	
6	
7	
8	
9	
10	
11	
12	



Slika 4 - 6

Stepen zavisnosti pojedinih veza je definisan sledećim oznakama:
 A - apsolutno neophodno; E - veoma važno; I - važno; O - potrebno; U - nevažno; X - nepoželjno. Primena ovog postupka će se objasniti kroz jedan primer razmeštaja prostora.

A. Formira se karta medjuzavisnosti aktivnosti prema kvalitetu veza između pojedinih odeljenja (sl. 4-7). Odeljenja su označena brojevima od 1 do 10.

B. Dijagram zavisnosti pojedinih odeljenja (dijagram prostornih veza - slika 4-8) se formira na osnovu matrice medjuzavisnosti aktivnosti. Odeljenja su označena brojevima isto kao i u karti medjuzavisnosti, a u zagradama su naznačene površine odeljenja u kvadratnim metrima. Kvalitet pojedinih veza je označen brojem linija. Veza kvaliteta "A" ima intenzitet 4 i označava se sa četiri crte (E-3, I-2, O-1, U-0, i X-minus jedan - ova veza kada se koristi može da se označi isprekidanom linijom i označava nepoželjnu vezu).

Postupak razmeštanja odeljenja se izvodi tako što se prvo unosi u dijagram odeljenje koje ima najjači intenzitet veza sa svim ostalim (u datom primeru odeljenje 10 ima ukupni intenzitet veza 15), a potom se unose ostala odeljenja zavisno od kvaliteta veza i njihove zavisnosti sa već ucrtanim odeljenjima. Ovaj dijagram daje idealizovani razmeštaj odeljenja.

C. Na osnovu dijagrama prostornih veza, prilagođavajući prostornu strukturu stvarnim potrebama, se formira konačni raspored odeljenja kao što je prikazano na slici 4-9.

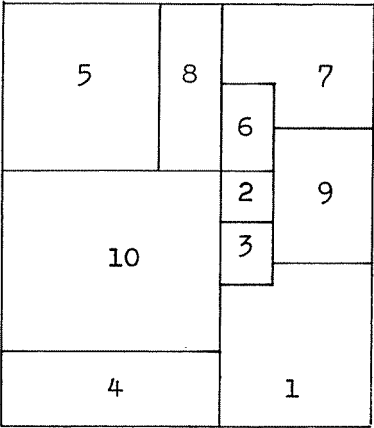
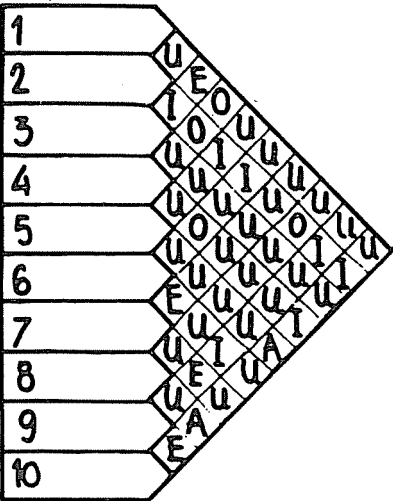
U procesu projektovanja proizvodnih pogona najčešće nije moguće razdvojiti kvalitativne uticaje od kvantitativnih, tako da je potrebno formirati zajedničku matricu medjuzavisnosti na osnovu nje formirati odgovarajuću prostornu strukturu. Osnovni model R. Muthera za formiranje prostorne strukture ovde je modifikovan kod procesa formiranja zajedničke matrice medjuzavisnosti. Navedeni postupak može da se koristi za razmeštanje opreme i proizvodnog prostora.

Postupak formiranja zajedničke matrice će se objasniti na jednom primeru (slika 4-10):

A. Formiraju se odgovarajuće matrice OD-DO i medjuzavisnosti aktivnosti kako je ranije objašnjeno.

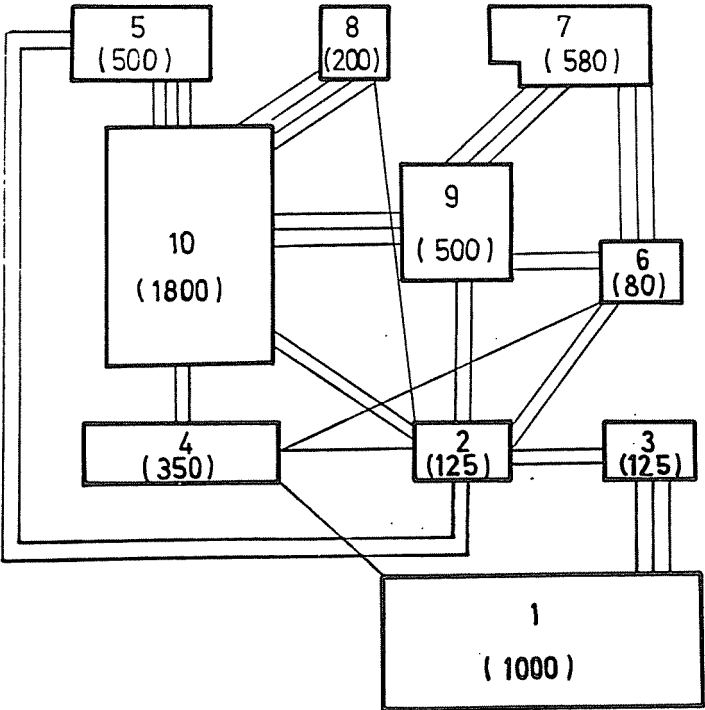
B. Rang pojedinih veza u matrici OD-DO treba da se odredi na isti način kao i kod matrice medjuzavisnosti aktivnosti. Za dati primer može da se usvoji za pojedine kvantitativne veze:

101	-	150		A	=	4
71	-	100		E	=	3
41	-	70		I	=	2
21	-	40		O	=	1
0	-	20		U	=	0



Slika 4 - 7

Slika 4 - 9



Slika 4 - 8

nepoželjna veza $X = -2$
 veoma nepoželjna veza $XX = -10$

C. Formiranje vrednosti članova zajedničke matrice se izvodi tabelarno i prikazano je na slici 4-10. Ukoliko se smatra da je podjednak uticaj kvantitativnih i kvalitativnih faktora onda je zajednička vrednost veze lokacija 1 i 4: $0,5 \cdot 3 + 0,5 \cdot 0 = 1,5$ (zaokružena vrednost na tablici). Uticaj protoka materijala može da bude i veći (ili manji) u odnosu na kvalitativne uticaje, na primer $80 : 20$, pa je vrednost veze lokacije 1 i 4: $0,8 \cdot 3 + 0,2 \cdot 0 = 2,4$ (u datom slučaju se formira nova prelazna matrica). Dalji postupak formiranja prostorne strukture je isti kao i u prethodnom slučaju. Potrebno je napomenuti, da kod rešavanja problema u praksi kvantitativni i kvalitativni uticaji mogu da budu različiti za svaki par lokacija, što treba uzeti u obzir pri formiranju prelazne matrice.

Opšti model za razmeštaj opreme i prostora je prikazan na slici 4-11.

4.05. Metoda trougla

Ova metoda je nazvana po tome što je raspored lokacija određen položajem temenih tačaka jednakostranih trouglova zadate stranice (S). Raspored mašina ili prostora se izvodi na osnovu ranga svake lokacije, pri čemu je taj rang određen brojem transportnih veza između lokacija ili intenzitetom tih veza.

U slučaju kada je potrebno razmestiti tri lokacije, one se postavljaju u temene tačke jednakostranog trougla. Za postavljanje četvrte lokacije postoji više mogućnosti (slika 4-12), pri čemu položaj četvrte lokacije zavisi od intenziteta veze sa ostale tri lokacije. Ovaj postupak ne uzima u obzir površinu date lokacije pa se posle idealizovanog rasporeda prostorna struktura mora da koriguje u skladu sa stvarno potrebnim prostorom za svaku pojedinu lokaciju.

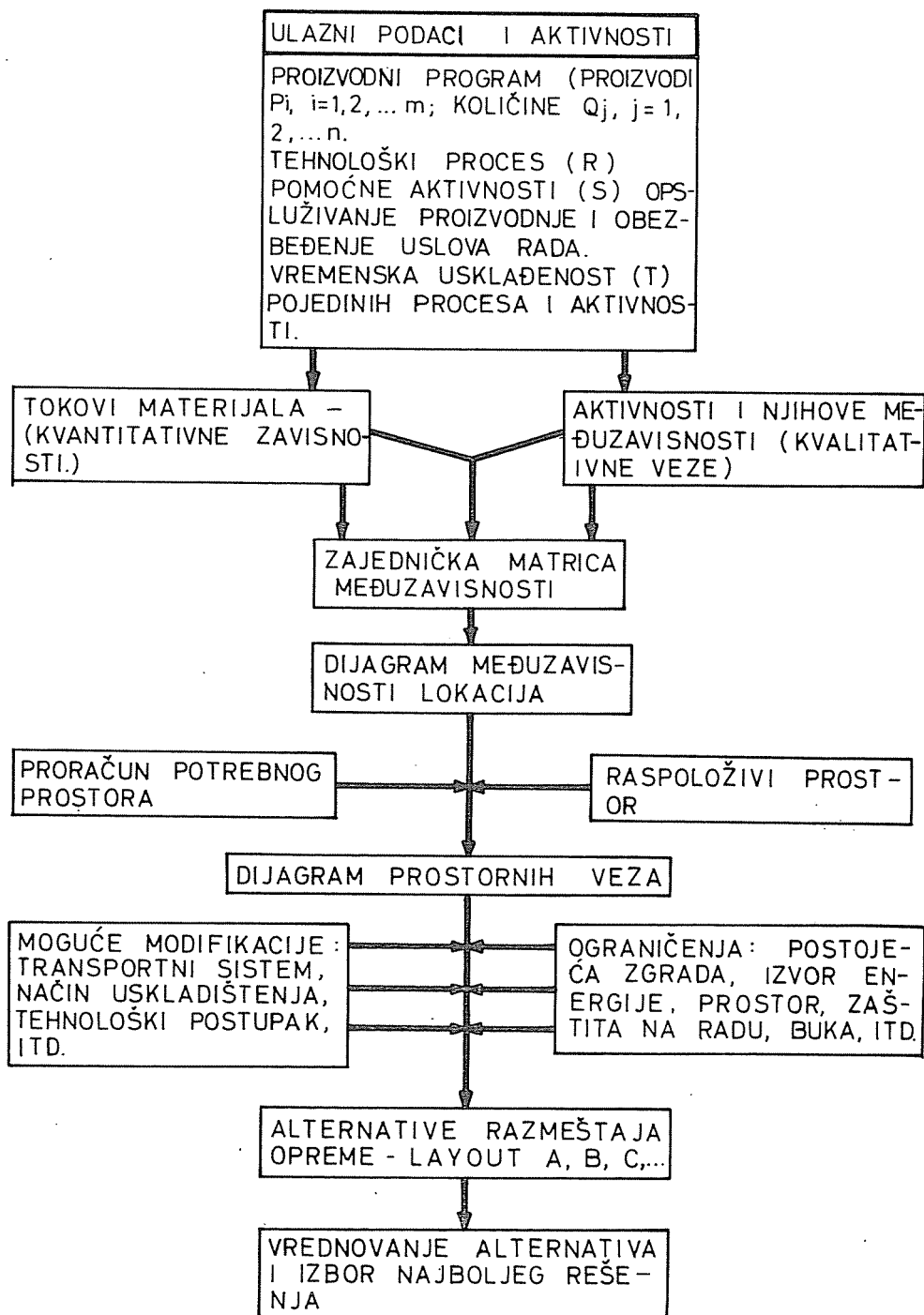
Funkcija cilja je data izrazom:

$$\left| \min \right| F = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^m q_{i,j} \cdot l_{i,j}, \quad i, j = 1, 2, \dots, m$$

gde je:

$q_{i,j}$ - intenzitet transportnog toka između i-te i j-te mašine,

$l_{i,j}$ - rastojanje između i-te i j-te lokacije.



Slika 4 - 11

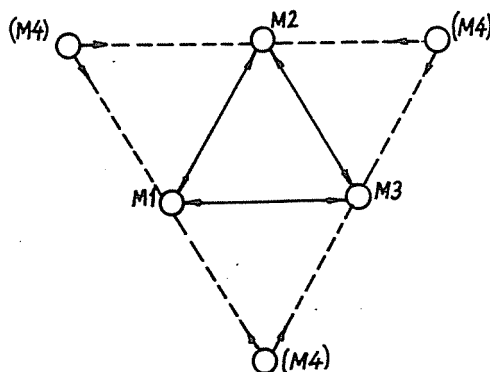
Pri tome se javlja ograničenje da je:

$$l_{i,j} = K \cdot S \quad i, j = 1, 2, \dots, m; \quad K = 1, 2, 3, \dots,$$

gde je (S) veličina stranice jednakostranog trougla.

Primena metode trougla će se objasniti na primeru razmeštanja 10 lokacija /60/. Postupak se odvija prema sledećim fazama:

- A. Formira se matrica intenziteta veza (OD-DO) na osnovu zadatih kretanja izmedju lokacija.
- B. Na osnovu matrice OD-DO odredjuje se rang intenziteta veza izmedju pojedinih lokacija.
- C. Lokacije se razmeštaju na trouglastoj mreži i to tako da se prvo postavlja lokacija sa najvećim brojem veza, odnosno prva porangu, a oko nje se na ostalim čvornim tačkama mreže postavljaju ostale lokacije kako slede prema broju veza, odnosno rangu. Na slici 4-13 dat je raspored lokacija za dati primer.
- D. Razmeštaj lokacija može da se izvrši i korišćenjem kvadratnog rastera. Rešenje navedenog primera je dato na slici 4-14.

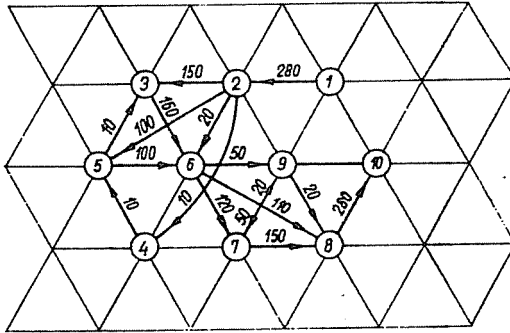


Slika 4 - 12

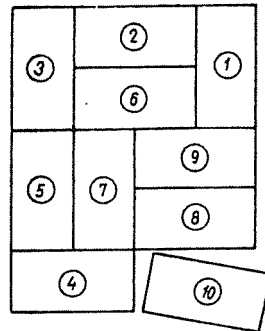
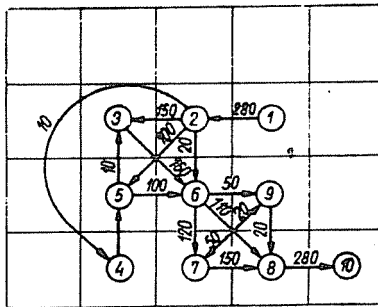
4. 06. Metoda krugova

Metoda krugova je razvijena na osnovu kritičkog razmatranja metode trouglova. Pri tome se, kao i u prethodnoj metodi, za kriterijum razmeštaja opreme i radnih mesta uzima minimalni transportni učinak, odnosno minimum troškova kretanja:

DO \ OD	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	$\sum_{j=1}^{10} q_{i,j}$
1	0	280									280
2		0	150	10	100	20					280
3			0			160					160
4				0	10						10
5		10			0	100					110
6						0	120	110	50		280
7							0	150	20		170
8								0		280	280
9							50	20	0		70
10										0	0
$\sum_{i=1}^{10} q_{i,j}$	0	280	160	10	110	280	170	280	70	280	
$\sum_{i=1}^{10} \sum_{j=1}^{10} q_{i,j}$	280	560	320	20	220	560	340	560	140	280	
RANG	6-7	2	5	10	8	1	4	3	9	6-7	



Slika 4 - 13



Slika 4 - 14

$$\min F = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^m q_{i,j} \cdot l_{i,j}$$

gde je:

$q_{i,j}$ - intenzitet transportnog toka, i

$l_{i,j}$ - rastojanje izmedju i-te i j-te lokacije.

Intenzitet transportnog toka ($q_{i,j}$) je zadat matricom transportnih veza, tako da se minimum funkcije cilja dobija u slučaju kada su najkraći putevi ($l_{i,j}$). To znači, da rastojanja izmedju lokacija treba da budu obrnuto proporcionalna jačini intenziteta transportne veze izmedju njih:

$$l_{i,j} = \frac{1}{q_{i,j}},$$

odnosno da se i-ta lokacija u odnosu na j-tu lokaciju može da postavi ma gde na krugu radijusa $R_{i,j} = 1/q_{i,j}$, opisanom oko i-te lokacije. Da bi se dobili poluprečnici krugova u željenoj razmeri potrebno je izraz $R_{i,j}$ pomnožiti sa odgovarajućim faktorom razmere (K): $R_{i,j} = K/q_{i,j}$ (mm).

Postupak metode krugova će se objasniti na primeru razmeštaja 6 lokacija:

A. Formira se neorijentisana matrica intenziteta zadatih transportnih tokova (OD-DO).

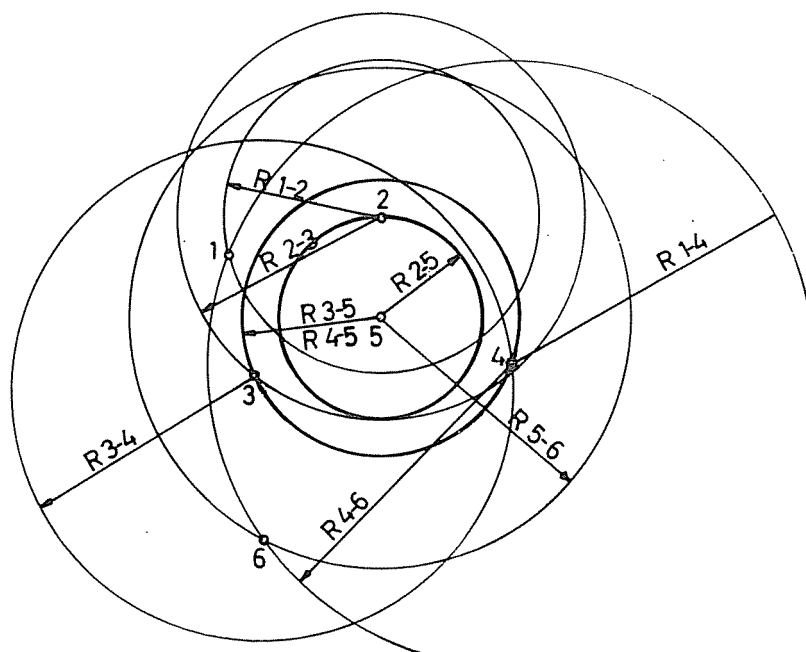
DO \ OD	1	2	3	4	5	6
1	0	80	0	42	0	0
2		0	60	0	130	30
3			0	50	90	40
4				0	90	40
5					0	50
6						0

B. Na osnovu prethodne matrice formira se matrica poluprečnika krugova. Usvaja se faktor razmere $K = 2000$ da bi se dobili poluprečnici u milimetrima.

DO OD	1	2	3	4	5	6
1	0	25	0	47,6	0	0
2		0	33,3	0	15,4	66,6
3			0	40	22,2	50
4				0	22,2	50
5					0	40
6						0

C. Iz matrice poluprečnika krugova nalazi se najmanja vrednost $R_{2,5} = 15,4$ mm, tako da se na crtežu prvo unose lokacije 2 i 5 (slika 4-15). U sledećoj fazi se ucrtava radijus $R_{3,5}=R_{4,5}=22,2$ mm. Pošto se lokacije 3 i 4 nalaze na ovom poluprečniku ispituje se veza sa lokacijom 2 ($R_{2,3}=33,3$ mm, određuje lokaciju 3). Lokacija 2 nije vezana sa lokacijom 4, tako da se ucrtava radijus $R_{3,4} = 40$ mm kojim se određuje položaj lokacije 4. Postupak se nastavlja ispitujući veze ostalih lokacija sa lokacijama 2, 3, 4 i 5.

U slučaju da je neka lokacija vezana sa više od dve druge lokacije njeni radijusi, odnosno odgovarajući krugovi mogu da se ne seku pa se postavlja tamo gde se krugovi najviše približavaju. Dobijeni konačni raspored lokacija potrebno je korigovati uzimajući u obzir potrebne površine svake od lokacija.



Slika 4 - 15

4.07. Programi za razmeštaj opreme

Kod problema sa manjim brojem elemenata korišćenje postojećih postupaka (R. Muther /51/ i dr.) još uvek dovodi do zadovoljavajućih rešenja. Savremene tendencije istraživanja u projektovanju razmeštaja opreme i prostora su usmerene na razvoj kompjuterskih programa, da bi se pomoglo projektantima u stvaranju alternativnih rešenja. Tako da se kompjuter koristi kao značajan pomoćni alat, analitičaru koji rada na razmeštaju opreme.

Kompjuterski programi za razmeštaj opreme i odeljenja znatno skraćuju fazu istraživanja u procesu projektovanja postrojenja, što dovodi do smanjenja potrebnog inženjerskog vremena za iznalaženje odgovarajućih rešenja. Upotrebljavajući algoritme za kompjuterizovani razmeštaj (layout), analitičar može brzo da proizvede (stvari), veći broj alternativnih rešenja za odredjeni problem u veoma kratkom vremenu.

Upotreba kompjutera za razmeštaj opreme i radnih prostora je relativno novi koncept. CRAFT je stvoren 1963. godine, a ALDER i CORELAP 1967. godine; kasnije se razvijaju i drugi programi (PLANET, LSP, LAYOPT, GOFAD, itd.), a takodje dolazi i do modifikacije postojećih programa (Interactive CORELAP, COPELAP 8 itd.) i razvoja niza programa koji mogu da se koriste na mikroracunarima.

Najčešće, ovi programi daju blok raspored pojedinih lokacija, a ne detaljno rešenje pogona, tako da mogu da se koriste samo u početnoj fazi projektovanja.

Razmatranja data u ovom poglavlju se prvenstveno odnose na razmeštaj opreme prema vrsti procesa, razmeštaju pojedinih mašina ili razmeštaju proizvodnog prostora.

Algoritmi za kompjuterizovani razmeštaj mogu da se klasifikuju prema načinu na koji se stvara finalno rešenje u dve osnovne kategorije:

A. Konstruktivni algoritmi. Baziraju se na kvalitativnoj proceni neophodnosti blizine različitih objekata (CORELAP i ALDER).

B. Algoritmi za poboljšanje. Polazi se od postojećeg rešenja postrojenja i traži se jedan poboljšani razmeštaj menjajući položaje pojedinih objekata. Poboljšanje se bazira na smanjenju toka materijala ili troškova transporta (CRAFT).

CORELAP /49/

Kao baza postupka koji se koristi u ovom programu uzet je rad R. Muther-a (Systematic layout planning), objavljen 1961. godine. Ovaj program zahteva sledeće ulazne podatke:

- potreban broj odeljenja (najviše do 45),
- definisane odnose izmedju odeljenja, koji su dati u karti medjuza-

visnosti R. Muther-a (za 45 odeljenja 990),

- potrebne površine odeljenja, i
- najveći odnos dužine prema širini zgrade.

Opšta logika koja se koristi u CORELAP-u je heuristička. Na bazi ukupne medjuzavisnosti odeljenja (TCR-Total Closeness Rating), koja se računa na početku programa i matrice medjuzavisnosti koja je sadržana u ulaznim podacima, CORELAP počinje selekcijom i lociranjem elemenata sa najvećim TCR i postavlja ga u centar prethodno odredjene matrice osnove. Dalje, algoritam sistematično dovodi do rešenja dodajući jedno po jedno odeljenje na bazi željene njihove medjuzavisnosti. Izlaz se sastoji od matrice koja daje razmeštaj blokova.

ALDEP /68/

ALDEP je razvijen u okviru IBM-a i ima heuristički algoritam sličan CORELAP-u. Ovaj program koristi kao ulazni podatak kartu medjuzavisnosti i može da bude upotrebljen kao kod proizvodnih tako i kod neproizvodnih pogona. Zahteva osnovu zgrade kao deo ulaznih podataka programa i zato nije uvek pogodan za rešavanje problema kod projektovanja novih postrojenja. Lokacija pojedinih odeljenja može da bude specificirana na ulazu, na pr. primjemna rampa. ALDER može da prihvati rešavanje problema koji sadrže do 63 elementa i može da razvije osnovu u tri ravni (tri sprata).

CORELAP i ALDER se uglavnom upotrebljavaju kada se razmatraju medjuodnosi aktivnosti i kada uslovi onemogućavaju skupljanje tačnih numeričkih podataka.

CRAFT

Armour i Buffa / 3 / su dali kompjuterski program za rekonstrukciju pogona, sa radioničkom proizvodnjom, koji upotrebljava odnos transportnih tokova kao meru efikasnosti rešenja. Ovaj model je sposoban da rešava probleme koji sadrže do 40 elemenata koje treba rasporediti. Program je pogodan za primenu kada je planiranje razmeštaja ograničeno isključivo na proizvodna odeljenja i kada je u problemu dominantan tok materijala. Pošto se postojeća zgrada uključuje u ulazne informacije, ne odgovara za projektovanje novih postrojenja gde plan zgrade treba da je definisan samim razmeštajem.

CRAFT radi sa fiksnim sistemom unutrašnjeg transporta. Ovaj inicijalni transportni sistem ostaje nepromenjen uprkos promenama rastojanja između odeljenja (mašina). Program samo menja lokacije odeljenja da bi se minimizirali ukupni transportni troškovi.

Pošto su izračunati ukupni troškovi transporta za jedan inicijalni raspored, algoritam ispituje sve moguće potencijalne uštede menjajući lokacije odeljenja, izračunavaju se ukupni troškovi transporta za svako novo stanje i isti koraci se ponavljaju. Algoritam je kompletiran kada ponavljanje koraka okonča reduciranje vrednosti predmetne funkcije.

COFAD /69/

Za razliku od CRAFT-a, COFAD pored traženja najpovoljnijih lokacija elemenata menja i sam transportni sistem. Program koristi sledeće ulazne podatke da stvori povoljan raspored proizvodnog prostora i opreme i izvrši izbor uređaja unutrašnjeg transporta koji će imati minimalne eksploatacione troškove. Ulazni podaci sadrže sledeće:

A. Usvojeni početni raspored opreme sa opisom odeljenja i naznačenim ograničenjima za pojedine lokacije.

B. Listu mogućih tipova transportnih uređaja za svako kretanje između odeljenja.

C. Matricu kretanja između svih odeljenja sa prikazanim obimom pojedinih tokova.

D. Metod za procenu troškova kod pojedinih alternativa transportnih sistema.

COFAD heristički traži približno optimalno rešenje menjajući lokacije pojedinih odeljenja i pri tome se rasmatraju transportni troškovi. Kada transportni troškovi više ne mogu da se smanjuju postupak se ponavlja za novi sistem unutrašnjeg transporta sve dok se ne dostigne povoljno rešenje.

Finalni izlaz iz kompjutera daje približno optimalni razmeštaj, izbor opreme za izvođenje svakog kretanja, troškove za svako kretanje između pojedinih lokacija, ukupne zahteve u opremi za celokupan transportni sistem i ukupne troškove unutrašnjeg transporta. Kompjuter štampa kao rešenje blok layout (dispoziciju) u razmeri sa naznakom odgovarajućeg transportnog sistema. Dato je uporedjenje smanjenja troškova transporta u odnosu na prethodna rešenja.

COSFAD /59/

Dosadašnji pristup u projektovanju proizvodnih postrojenja pomoću kompjutera se bavi prvenstveno analizom kvantitativnih pokazatelja i ostvarivanjem željene blizine pojedinih lokacija pri razmeštaju opreme i proizvodnog prostora. Uticaj sigurnosti se najčešće razmatrao posle razvijanja dispozicije (layouta) programa. Prema podacima National Safety Council-Chicago /59/ industrijske nesreće i povrede na radu koštaju SAD 11.5 biliona dolara godišnje. Ovi ogromni troškovi forsirali su rad na rešavanju ovog problema, tako da je između mnogih istraživanja nastao i program COSFAD-Computerized Safety and Facility Design, gde se zajednički razmatraju faktori sigurnosti sa razmeštajem opreme.

Predmet COSFAD-a je da reši sistem sa minimalnim troškovima za manipulaciju materijalom (razmeštaj opreme i odeljenja), koji ima minimalni rizik sigurnosti celog sistema. U programu se koriste rezultati rada W. Finnea /61/ koji je kvantificirao sigurnost, definišući jedan metod procene opasnosti prisutne u različitim situacijama.

Većina od raspoloživih prilaza problemu projektovanja razmeštaja opreme i odeljenja se odnosi na obim i redosled kretanja. Koriste se različite karte ili matrice da se prikupe i organizuju potrebni podaci. Podaci se analiziraju sa gledišta minimiziranja toka materijala. Sve ove metode su donele različite stepene poboljšanja u odnosu na tradicionalni pristup rešavanju problema. Međutim, kada je broj elemenata koje treba razmestiti veliki, ove metode ne mogu da se primene ili se zahteva veliko inženjersko vreme za dobijanje relativno malog broja povoljnih alternativa u procesu projektovanja.

Prema kombinatornoj prirodi problema razmeštaja opreme i odeljenja, nije lako doći do analitičkog rešenja i zato nedostaju matematički modeli. Šta više, kompletno nabrojanje mogućih postavljanja opreme prema lokacijama, izuzimajući veoma male probleme, ne može da se razmatra metodom rešavanja koja je računski izvodljiva. Zato je razvijena jedna druga tehnika, koja zahteva umereno računanje, a to su heuristički modeli. Ovi algoritmi se obično kompjuterizuju.

Osnovne prednosti i nedostaci primene navedenih programa su sledeći /13/:

A. Da bi se pomoglo u procesu stvaranja brojnih kombinacija razmeštaja elemenata, pri tome je istinska vrednost upotrebe programa da se stvaraju brojne alternative layouta (dispozicije). Analitičar može da stvori toliko mnogo dispozicija koliko želi i svako rešenje može lako da se bodeuje. To znači, da programi poboljšavaju fazu istraživanja na početku razrade jednog projekta.

B. Značajna ušteda koja se dobija primenom programa je smanjenje zahtevanog inženjerijskog vremena da bi se dobilo zadovoljavajuće rešenje projekta.

C. Upotrebom programa za izradu kompjuterizovanih dispozicija, analitičar ima mogućnosti da dobije znatno bolje rešenjenego na ma koji drugi način.

D. Kompjuterski prilazi problemu razmeštaja su uglavnom koncentrisani na rešavanju proizvodnje kada je podela na odeljenja izvršena prema vrsti procesa i gde je prisutan veliki broj podataka koje treba uzeti u razmatranje.

E. Programi ne pružaju uvek optimalno rešenja za ma koji dati problem, i zato je važno da ulazni i izlazni podaci budu pogodni za dalju analizu.

F. Najbolje rešenje stvoreno programom ne mora da bude uvek i optimalno rešenje. Npr. rešenje sa minimalnim troškovima unutrašnjeg transporta ne može da bude prihvaćeno zbog buke, vibracija, ili sličnih uticaja koji zahtevaju posebna razmatranja. Međutim, finalni layout je vrlo sličan povoljnom rešenju i rezultat je procene mnogih kompjuterizovanih layouta.

G. Mada neki od programa uključuju i jednu procenu vrednosti dobijenih layouta ne može se preporučiti da se uzmu kao apsolutni.

H. Finalna dispozicija koja rezultuje iz programa mora da se proveri da li je praktična, odnosno potrebno je ispitati mogućnost njene prime - ne. Npr. oblik odeljenja treba da omogući uključivanje hodnika, postavljanje pomoćnih odeljenja, postavljanje liftova itd.

4.08. Program za razmeštaj opreme primenom mikroračunara

Program G. Gastona /8/ je razvijen na osnovu modela R. Muthera i koristi se za minimizaciju rastojanja lokacija pojedinih odeljenja prema stepenu važnosti njihove medjuzavisnosti (v. poglavlje 4). Formiranje layout-a treba da omogući optimalno rešenje kretanja materijala.

Program je predviđen za rad na mini/mikro kompjuterima i prvobitna verzija je napisana na Applesoft BASIC-u za računar Apple II. Priloženi program je napisan za računar Sharp MZ - 700 i prilagođen je da štampa rezultate.

Osnovni algoritam programa obuhvata sledeće:

- A. Izbor odeljenja na slučajan način.
- B. Traži se odeljenje sa medjuzavisnosti "A", "E", do najmanjeg prihvatljivog odnosa "O" sa poslednje izabranim odeljenjem. Ako postoji odeljenje, bira se i vraća se na 2. Ako ne postoji, bira se slučajno jedno od ne izabranih odeljenja i vraća se na 2.
- C. Razmeštaj odeljenja počinje tako što se prvo odeljenje postavlja u centar ekrana i ostala se nižu spiralno sve do formiranja layouta.
- D. Kvalitet (rang) pojedinih rešenja se dobija sumiranjem proizvoda rektangularnog rastojanja težišta pojedinih odeljenja i odgo - varajućeg stepena medjuzavisnosti.
Medjuzavisnost pojedinih odeljenja je označena sa A, E, I, O, U i X (v. poglavlje 4).

Ulazni podaci:

- A. Broj odeljenja.
 - B. Površina svakog odeljenja (preporučuje se da zbir površina svih odeljenja bude veći od 400 jedinica).
 - C. Medjuzavisnost pojedinih odeljenja.
- U daljem tekstu su dati listing/8/ i dva primera.

```

10 REM LOKACIJE
90 GOSUB 7100
100 E=40 : F=20 : TM=9999999
110 INPUT"Broj prostora ";N
120 DIM A(N),AR(N),P(E,F),RL(N,N),L(N),AA(N)
130 DIM CT(N,N),X1(N),Y1(N),X(N),Y(N),PX(E,F)
140 FOR I=1 TO E
150 FOR J=1 TO F
160 P(I,J)=0
170 NEXT J,I
180 FOR I=1 TO N
190 PRINT"Povrsina za ";I;". prostor ";
200 INPUT A(I)
210 NEXT I
215 GOSUB 7100
220 FOR J=1 TO N-1
230 FOR K=J+1 TO N
235 GOSUB 7200
240 PRINT"Zavisnost (1-6) izmedju prostora ";J;" i ";K;" "
250 INPUT RL(J,K)
270 NEXT K,J
280 INPUT"Minimalna blizina (1-6) ";MR
290 INPUT"Broj pokusaja ";PU
295 INPUT"Stanpanje (D/N) ";ST$
300 CC=0
310 FOR QY=1 TO PU
320 CC=CC+1
330 T=0
340 T=T+1
350 L(T)=INT(N*RND(1)+1)
360 IF T=1 THEN 600
370 FOR I=1 TO T-1
380 IF L(T)=L(I) THEN 350
390 NEXT I
400 IF T=N THEN 790
600 M=6
610 FOR K=1 TO N
620 Z=L(T)
630 IF K=Z THEN 680
640 IF K<Z THEN 670
650 IF RL(Z,K)=M THEN 720
660 GOTO 680
670 IF RL(K,Z)=M THEN 720
680 NEXT K
690 M=M-1
700 IF M<MR THEN 340
710 GOTO 610
720 FOR J=1 TO T-1
730 IF K=L(J) THEN 680
740 NEXT J
750 T=T+1
760 L(T)=K
770 IF T=N THEN 790
780 GOTO 600
790 FOR I=1 TO N
800 B=L(I)
810 AR(I)=A(B)
820 NEXT I
830 TT=0
840 FOR I=1 TO N
850 TT=TT+AR(I)
860 NEXT I
920 IF CC>1 THEN 1010
930 PRINT"Duzina za layout (max.";E;") ";
940 INPUT LT
950 IF LT>E THEN 930

```

```

960 PRINT "Sirina za layout (max. "; F; ") ";
970 INPUT WD
980 IF WD > F THEN 960
990 IF ST$ = "D" THEN GOSUB 6000
1010 S = INT(LT/4)*2
1020 T = INT(WD/4)
1030 TS = INT(S*S*T)
1040 IF TT <= TS THEN 1110
1050 FOR I = 1 TO N
1060 AR(I) = INT(AR(I)/TT*TS+.5)
1070 IF AR(I) > 0 THEN 1090
1080 AR(I) = 1
1090 NEXT I
1100 TT = TS
1110 FOR I = 1 TO N
1120 AA(I) = AR(I)
1130 NEXT I
1140 A = 20 : B = 10 : I = 0
1150 K = 1 : AR(0) = 0 : C = 1
1160 X = A - S - 1
1170 X = X + 2
1180 FOR Y = B + T TO B + 1 STEP -1
1190 GOSUB 3000
1230 IF I = AR(K) THEN 1250
1240 GOTO 1280
1250 GOSUB 3100
1280 NEXT Y
1290 IF X < A - S - 1 THEN 1170
1300 FOR X = A - S - 1 TO A - S + 1 STEP -2
1310 FOR Y = B TO B - T + 1 STEP -1
1320 GOSUB 3000
1360 IF I = AR(K) THEN 1380
1370 GOTO 1410
1380 GOSUB 3100
1410 NEXT Y
1420 NEXT X
1430 FOR Y = B - T + 1 TO B + T
1440 FOR X = A - S - 1 TO A - 2*S + 1 STEP -2
1450 GOSUB 3000
1490 IF I = AR(K) THEN 1510
1500 GOTO 1540
1510 GOSUB 3100
1540 NEXT X
1550 NEXT Y
1560 FOR X = A - 2*S + 1 TO A + S - 1 STEP 2
1570 FOR Y = B + T + 1 TO B + 2*T
1580 GOSUB 3000
1620 IF I = TT THEN 2010
1630 IF I = AR(K) THEN 1650
1640 GOTO 1690
1650 GOSUB 3200
1670 IF K > N THEN 2010
1680 AR(K) = AR(K) + AR(K - 1)
1690 NEXT Y
1700 NEXT X
1710 FOR Y = B + 2*T TO B - T + 1 STEP -1
1720 FOR X = A + S + 1 TO A + 2*S - 1 STEP 2
1730 GOSUB 3000
1770 IF I = TT THEN 2010
1780 IF I = AR(K) THEN 1800
1790 GOTO 1840
1800 GOSUB 3200
1820 IF K > N THEN 2010
1830 AR(K) = AR(K) + AR(K - 1)
1840 NEXT X
1850 NEXT Y

```



```

1860 FOR X=A+2*S-1 TO A-2*S+1 STEP-2
1870 FOR Y=B-T TO B-2*T+1 STEP-1
1880 GOSUB 3000
1920 IF I=TT THEN 2010
1930 IF I=AR(K) THEN 1950
1940 GOTO 1990
1950 GOSUB 3200
1970 IF K>N THEN 2010
1980 AR(K)=AR(K)+AR(K-1)
1990 NEXT Y
2000 NEXT X
2010 FOR I=1 TO N
2020 X1(I)=0
2030 Y1(I)=0
2040 NEXT I
2050 FOR J=B-2*T+1 TO B+2*T
2060 FOR I=A-2*S+1 TO A+2*S-1 STEP 2
2070 C=P(I,J)
2080 X1(C)=X1(C)+I
2090 Y1(C)=Y1(C)+J
2100 NEXT I
2110 NEXT J
2120 FOR I=1 TO N
2130 X(I)=X1(I)/AA(I)
2140 Y(I)=Y1(I)/AA(I)
2150 NEXT I
2160 TS=0
2180 FOR I=1 TO N-1
2190 FOR J=I+1 TO N
2200 CT(I,J)=ABS(X(I)-X(J))/2*ABS(Y(I)-Y(J))/2
2210 TS=TS+INT(RL(I,J)+CT(I,J))
2220 NEXT J
2240 NEXT I
2245 GOSUB 5100
2270 IF TS<TM THEN GOSUB 5000
2280 NEXT QY
2290 GOSUB 5400
2300 END
3000 P(X,Y)=L(C)
3010 I=I+1
3090 RETURN
3100 C=C+1
3110 K=K+1
3120 AR(K)=AR(K)+AR(K-1)
3190 RETURN
3200 C=C+1
3210 K=K+1
3290 RETURN
5000 TM=TS
5010 FOR I=1 TO E STEP 2
5020 FOR J=1 TO F
5030 PX(I,J)=P(I,J)
5040 NEXT J
5050 NEXT I
5090 RETURN
5100 GOSUB 7100
5120 FOR I=1 TO E STEP 2
5130 FOR J=1 TO F
5140 PRINT CHR$(64+P(I,J));
5150 NEXT J
5160 PRINT
5170 NEXT I
5180 PRINT "Rezultat je ";TS
5190 IF ST$="D" THEN GOSUB 5300 : GOTO 5210
5200 GOSUB 7400
5210 RETURN

```

```

5300 FOR I=1 TO E STEP 2
5310 FOR J=1 TO F
5320 PRINT/P CHR$(64+P(I,J));
5330 NEXT J
5340 PRINT/P
5350 NEXT I
5360 PRINT/P "Rezultat je ";TS
5370 GOSUB 6400
5390 RETURN
5400 FOR I=1 TO E STEP 2
5410 FOR J=1 TO F
5420 PRINT CHR$(64+PX(I,J));
5430 NEXT J
5440 PRINT
5450 NEXT I
5460 PRINT "Optimalan rezultat je";TM
5470 IF ST$="D" THEN GOSUB 5500
5490 RETURN
5500 FOR I=1 TO E STEP 2
5510 FOR J=1 TO F
5520 PRINT/P CHR$(64+PX(I,J));
5530 NEXT J
5540 PRINT/P
5550 NEXT I
5560 PRINT/P "Optimalan rezultat je";TM
5570 GOSUB 6400
5590 RETURN
6000 PRINT/P "Broj prostora ";N
6010 FOR II=1 TO N
6020 PRINT/P "Povrsina prostora ";CHR$(II+64);" je ";A(II)
6030 NEXT II
6040 PRINT/P "Zavisnost izmedju prostora "
6050 FOR II=1 TO N
6060 PRINT/P TAB(II*5+5);CHR$(64+II);
6070 NEXT II
6075 PRINT/P
6080 FOR II=1 TO N*5+10
6090 PRINT/P "-";
6100 NEXT II
6110 PRINT/P
6120 FOR II=1 TO N-1
6130 PRINT/P CHR$(64+II);".";
6140 FOR JJ=II+1 TO N
6150 PRINT/P TAB(JJ*5+5);RL(II,JJ);
6160 NEXT JJ
6170 PRINT/P
6180 NEXT II
6190 FOR II=1 TO N*5+10
6200 PRINT/P "-";
6210 NEXT II
6220 PRINT/P
6230 PRINT/P "Minimalni rejting ";MR
6240 PRINT/P "Layout duzina ";E
6250 PRINT/P "Layout sirina ";F
6260 GOSUB 6400
6290 RETURN
6400 FOR II=1 TO 5
6410 PRINT/P
6420 NEXT II
6490 RETURN
7100 CLS : RETURN
7200 CURSOR 0,0 : RETURN
7400 PRINT "pritisni bilo koji taster"
7410 GET ZX$ : IF ZX$="" THEN 7410
7420 RETURN

```


5. KRETANJE MATERIJALA

U prošlosti je nedovoljno pažnje poklanjano transportu materijala kroz proces, već su se projektantski potencijali usmeravali na traženje optimalnih rešenja tehnoloških postupaka i razvijanju proizvodne opreme. Tako - dje neplanirana ekspanzija je opteretila mnoge fabrike sa nepodesnim layout-ima, nelogičnim redosledom procesa i preteranim zahtevima za transportom materijala, čiji se stvarni troškovi nisu mogli uvek da procene. Čak i sada uprkos iskustvima iz prošlosti transportni zahtevi se često posmatraju kao sporedni poslovi koji se mogu rešiti improvizacijom, ili, ako se uzmu u razmatranje malo ozbiljnije tretiraju se kao izolovan problem koji će se rešavati na parče ad hoc usvajanjem opreme. Pri ovakvom prilazu se zanemaruju činjenice da ako su najveće uštede u novcu, vremenu, radnoj snazi, prostoru i utrošku energije efektne u svakom stepenu od istovara polufabrikata, odnosno sirovog materijala do otpreme gotovih proizvoda, svaki korak se ne može razmatrati izolovano, već kao deo (podsistem) celokupnog sistema kretanja i procesa proizvodnje.

Transportni sistem je integralni deo proizvodnje a za analitičku studiju i celokupno planiranje i projektovanje fabrike zaslužuje ništa manje pažnje nego što se poklanja operacijama procesa, koje u industriji retko sadrže više od 10 % ukupnog vremena ciklusa proizvodnje. Pored toga troškovi transporta materijala iznose od 10 % do 80 % od proizvodnih troškova u raznim granama industrije. Značajan iskustveni pokazatelj predstavlja i procentualno učešće radne snage na poslovima transporta i manipulacije. Ovaj pokazatelj varira u širokim granicama, tako da u različitim pogonima metaloprerađivačke industrije se kreće od 5 - 35 %.

Značaj kretanja materijala još više se potencira kada se uzme u obzir izgubljeno vreme proizvodnih radnika (visoke kvalifikacione strukture) na manipulaciji i transportu radnih predmeta u toku rada na njima (oko 15 %). Ovaj proces dalje utiče i na nedovoljno vremensko iskorišćenje skupih alatnih mašina, što prouzrokuje dodatne troškove i povećava obim nedovršene proizvodnje.

Evidentno je da troškovi transporta materijala kroz proces znatno opterećuju cenu proizvoda, i zato predstavljaju finalnu meru efikasnosti transportnog sistema, tako da ih je potrebno detaljno identifikovati. Ove troškove je moguće podeliti u dve kategorije na direktne i indirektne. Direktni troškovi se dele na stalne i promenljive:

Stalni troškovi:

- amortizacija,

- anuiteti, i
- osiguranje.

Promenljivi troškovi:

- električna energija i pogonsko gorivo,
- lični dohodak transportnih radnika,
- održavanje, i
- režijski troškovi.

Indirektne troškove je teško kvantifikovati, ali ih ne treba ignorisati zato što mogu da znatno utiču na efekte poslovanja. Oni obuhvataju:

- troškove izgubljenog vremena proizvodnih radnika zbog neblago - vremene dopreme materijala,
- troškove nedovoljnog vremenskog iskorišćenja proizvodne opreme zbog zastoja u transportu,
- troškove nedovršene proizvodnje,
- troškove usled oštećenja u transportu,
- troškove usled smanjenog obima proizvodnje zbog loše rešenog layout-a,
- plaćanje penala zbog zakašnjenja,
- troškove prostora koji zauzimaju transportna sredstva (komunalijske, naknada za korišćenje građevinskog zemljišta, grejanje, provetravanje, osvetljenje i održavanje objekta),
- štete nastale usled nestručnog rukovanja transportnim sredstvi - ma, itd.

Jedan od značajnih kriterijuma za određivanje efikasnosti sistema kretanja materijala je i vreme protoka materijala kroz sistem. Pri tome treba napomenuti da je povećanje brzine transportovanja ograničeno izborom i mogućnostima pojedinih transportnih uređaja, odnosno projektovanog pod - sistema transporta i uslovima koje diktira sam proizvodni sistem, tako da u pojedinim slučajevima može da ima i negativan efekat. Na brzinu protoka kroz sistem može da se znatno utiče skraćanjem transportnih puteva (izbor optimalnog rasporeda lokacija - v. poglavlje 4), racionalnim rasporedom saobraćajnica i usmeravanjem saobraćajnica, kontrolisanjem zastoja (smanjenje vremena čekanja) i boljom organizacijom proizvodnje.

Vreme protoka materijala (dužina stvarnog ciklusa proizvodnje) je dato izrazom:

$$T_{PM} = \sum t_o + \sum t_t + \sum t_w + \sum t_z$$

gde je:

- $\sum t_o$ - ukupno vreme potrebno za izradu datog proizvoda,
- $\sum t_t$ - ukupno vreme transporta,
- $\sum t_w$ - ukupno vreme čekanja uslovljeno sistemom opsluživanja (transporta), i

$\sum t_z$ - ukupno vreme zastoja uslovljeno organizacijom procesa.

Koeficijent protoka je dat izrazom:

$$p = \frac{T_{PM}}{\sum t_o}$$

Na veličinu koeficijenta protoka (treba da teži jedinici) moguće je uticati minimizacijom ciklusa transportovanja i vremena čekanja koje zavisi od procesa kretanja (deterministički, stohastički) i usvojenog transportnog sistema (v. literaturu /16/), odnosno organizacijom celog sistema proizvodnje. Koeficijent protoka (p) u metaloprerađivačkoj industriji se kreće u domaćim fabrikama od 2 do 10, a u pojedinim radionicama su izmerene i znatno veće vrednosti (40-50).

5.01. Opšti problemi

Savremeni prilaz projektovanju layout-a datog proizvodnog pogona zahteva integralno razmatranje procesa proizvodnje, unutrašnjeg transporta i skladištenja i ovaj problem je posebno značajan kod automatizacije procesa uskladištenja ili kod primene fleksibilnih tehnoloških sistema.

Kao primer integralnog sistema kretanja materijala može da posluži uvođenje visoko regalne dizalice u radionički prostor. Osnovna ideja za primenu ovog modela je mogućnost direktnog transporta materijala od skladišnih lokacija do radnih mesta, što doprinosi efikasnijem radu pojedinih proizvodnih pogona. Prednosti ovakvih rešenja su sledeće /40/:

- eliminacija transporta između radnih mesta i skladišta,
- mala količina materijala za obradu na mestu upotrebe,
- efikasno rešenje kretanja materijala u radioničkoj proizvodnji,
- povećana produktivnost po jedinici površine zgrade,
- može da se postigne veoma kratak ciklus proizvodnje, itd.

Integralno rešavanje kretanja materijala je neophodno i u "klasičnim" pogonima i uvek se u prvi plan stavlja razmatranje zajedničkog dejstva različitih transportnih sredstava sa gledišta povezivanja transportnih operacija. Povezivanje pojedinih transportnih sredstava i uskladjivanje rada jednog sa drugim može da učini, da različiti elementi funkcionalno i vremenski dejstvuju zajednički. Kombinacija više istih ili različitih transportnih sredstava koji rade zajedno na ispunjenju određenog transportnog zadatka predstavlja jedan transportni sistem.

Osnovni zadatak transportnog sistema je premeštanje tereta, skupljanje nekoliko transportnih tokova u jedan i razgranavanje jednog toka na nekoliko, tj. ostvarivanje veze mesta otpreme sa mestom dopreme. Pored toga, transportni sistem ostvaruje i vezu po vremenu da bi se regulisala brzina pojedinih tokova, na primer kod procesa proizvodnje.

Da bi jedan transportni sistem mogao da funkcioniše pravilno potrebno je ispitati sposobnost povezivanja pojedinih transportnih sredstava u toku rada. Mesto gde se teret predaje i prihvata, odnosno mesto veze između pojedinih transportnih sredstava mora da se podredi uslovima transportnog zadatka isto kao i pojedini transportni uređaji datog sistema.

Koristeći se odgovarajućim modelom procesa, potrebno je naći takvu strukturu transportnog sistema da se zadovolje uslovi postavljeni transportnim zadatkom. Glavni zadatak konstrukcije modela transportnog sistema je da karakteriše realne procese date preko raspodele vremenskih parametara. Pri tome, izabrani model treba da održava realnost u velikom stepenu i da predvidi ponašanje i rad sistema.

Projektant mora da sagleda funkcionalnu interakciju između različitih komponenti sistema (podistema) i osetljivost ma koje posebne koncepcije na varijacije u formi ili sadržaju takvih interakcija. Traži se osnovno razumevanje strukture i funkcionisanja sistema koji se studira. Model čija je osnovna funkcija da opiše ponašanje i predvidi rad sistema u različitim okolnostima može da pomogne u sledećim slučajevima /63/:

- kao pomoć za razmišljanje,
- kao alat za predviđanje,
- kao pomoć za komuniciranje,
- za upravljanje sistemom, i
- za obuku i instrukcije.

Dobar model će predskazati performanse koje dobro koreliraju sa podacima iz realne situacije. Koristeći model možemo da stvorimo alternativna rešenja koja se procenjuju pomoću kriterijuma odlučivanja. Pri tome prezentacija rezultata modeliranja treba da pokaže domet rešenja, uključujući optimalno, i da prikaže troškove svakog od njih. U tom slučaju onaj koji odlučuje može da proceni troškove i rizik za usvajanje svake predložene alternative.

Model mora da poseduje sledeće osobine /42/:

- da je koncepcijski jasan i dosledan,
- da je svrsishodan i da daje potpun odgovor na sva važnija pitanja,
- da se može lako i pouzdano koristiti,
- da se može dogradjivati i razvijati saglasno novim iskustvima.

Modeli mogu da se podele na fizičke, matematičke i opisne. U ovom poglavlju će se dati pregled osnovnih opisno-analognih modela počev od šema i blok dijagrama pa do različitih karti za analizu tokova materijala. Matematički modeli će se obraditi u drugom tomu ovog udžbenika (Projektovanje transportnih sistema). Za korišćenje dinamičkih matematičkih modela i to analitičkih (teorija čekanja) i simulacionih se preporučuje specijalizovana literatura /43/, /64/, /65/, /66/ i dr.

5.02. Uvod u analizu

Tehnološki proces je postavljen nizom operacija i njihovim redosledom da bi se na najpovoljniji način proizveo željeni asortiman proizvoda (materijala) u zahtevanim količinama i u nekom optimalnom operacionom vremenu. Postupak izrade pokazuje kako će da se napravi data pozicija i daje osnovne podatke za analiziranje kretanja materijala.

Evidentno je da kretanje materijala prouzrokuje znatne troškove, tako da bi osnovni zahtev u efikasnosti izvodjenja ovog procesa bio eliminisanje svih nepotrebnih kretanja, a posebno onih koja nisu direktno vezana za izvodjenje operacija procesa. Posebno treba napomenuti da pri analizi problema kretanja materijala metode za realizaciju ovog procesa se izvode iz modela tehnoloških operacija kojima služe, a ne da im se nameću.

Pre nego što se počne da traži rešenje, problem se mora definisati specificiranjem obima aktivnosti koje će se studirati i predmeta studiranja (odredjivanje granica sistema). Definisanje problema (prvi korak), često može da bude teže nego njegovo rešenje, ali bez jasne definicije rešenje samo po sebi može da bude pogrešno. Drugi korak u rešavanju problema je direktno posmatranje svih činjenica koje se odnose na problem, a to je da se precizno definiše šta se sada čini (postojeće stanje kod rekonstrukcije ili analiza naučnih i stručnih rezultata, praćenje literature i rada sličnih izvedenih sistema kod projektovanja novih pogona). Treći korak obuhvata detaljno ispitivanje ovih činjenica kritički, nepristrasno i na pravi način (prema stepenu važnosti). Iskustvo pokazuje da se najbolji rezultati dobijaju kada se proces posmatra unazad, tj. od gotovog proizvoda do repro materijala. Svaha ovog ispitivanja je da se vidi šta je učinjeno i zašto, gde i po kom redosledu. Ovaj sistematski prilaz prikupljanja i analize svih činjenica i razmatranja svih mogućih alternativa treba da razjasni koja su kretanja materijala u stvari neophodna tako da predstavlja bitan deo analitičkog prilaza u rešavanju problema.

A. Mogensen je razvio elementarni upitnik koji obuhvata kritičko ispitivanje zahteva (kroz seriju pitanja) u svim fazama proizvodnje. Upitnik obuhvata četiri koraka:

1. Eliminisanje. Potrebno je ispitati da li su operacija ili aktivnost neophodni ili se mogu izostaviti.
2. Kombinovanje. Da li se mogu data operacija ili aktivnost kombinovati, odnosno ujediniti sa nekom drugom operacijom ili akcijom.
3. Promena redosleda. Obuhvata promenu redosleda poslova, mesta, uređaja ili čoveka koji izvode datu operaciju ili aktivnost.
4. Poboljšanje. Da li se može metod izvodjenja operacija ili aktivnosti ili njihova oprema da poboljšaju.

Četvrti korak obuhvata analizu kretanja materijala i treba da omogućí iznalaženje najefikasnijih tokova materijala koji se kreće kroz neophodne

faze obuhvaćenog procesa, znači redosled kretanja i intenzitet, odnosno veličinu ovih kretanja.

Analiza redosleda kretanja treba da omogući uspostavljanje odnosa između pojedinih operacija i aktivnosti, a veličina kretanja (ili intenzitet toka) je osnovna mera relativne važnosti svakog puta. Jedan efikasan tok znači da će se materijal kretati progresivno kroz proces stalno napredujući prema završnoj obradi, bez nepotrebnih skretanja, obilaženja ili povratnih puteva (suprotan tok).

Pri analizi kretanja materijala često se previde tokovi otpadnih materijala i škarta koje treba obavezno uključiti u razmatranje. U pojedinim slučajevima ovi tokovi često predstavljaju veći deo problema manipulacije materijalom u okviru datog layout-a (na pr. u preseraju otpadni materijal iznosi 20 do 30 %). Ovaj otpadni materijal je često nepodesan za manipulaciju zbog njegovih novih ili promenljivih karakteristika. Može da bude prljav, oštar ili opasan, obično zahtevajući sasvim različiti sistem za manipulaciju nego što je predviđen za materijal ili komponente koje se dopremaju.

Detaljna analiza kretanja materijala je posebno značajna uvek kada je kretanje materijala glavni deo procesa, kada je materijal velike mase ili gabarita, kada se prenose velike količine, ili kada su pretovarni, transportni i manipulativni troškovi veliki u upoređenju sa troškovima operacija, skladištenja ili kontrole.

Peti korak obuhvata izbor transportnih sredstava i pomoćnih uređaja za transport i manipulaciju i predstavlja poslednji stepen planiranja sproveden u cilju izbora sistema ili poboljšanja postojećih metoda manipulacije. Detaljnije o problemu izbora će se govoriti u drugom tomu ovog udžbenika, koji obradjuje projektovanje transportnih sistema.

5.03. Modeli za analizu kretanja materijala

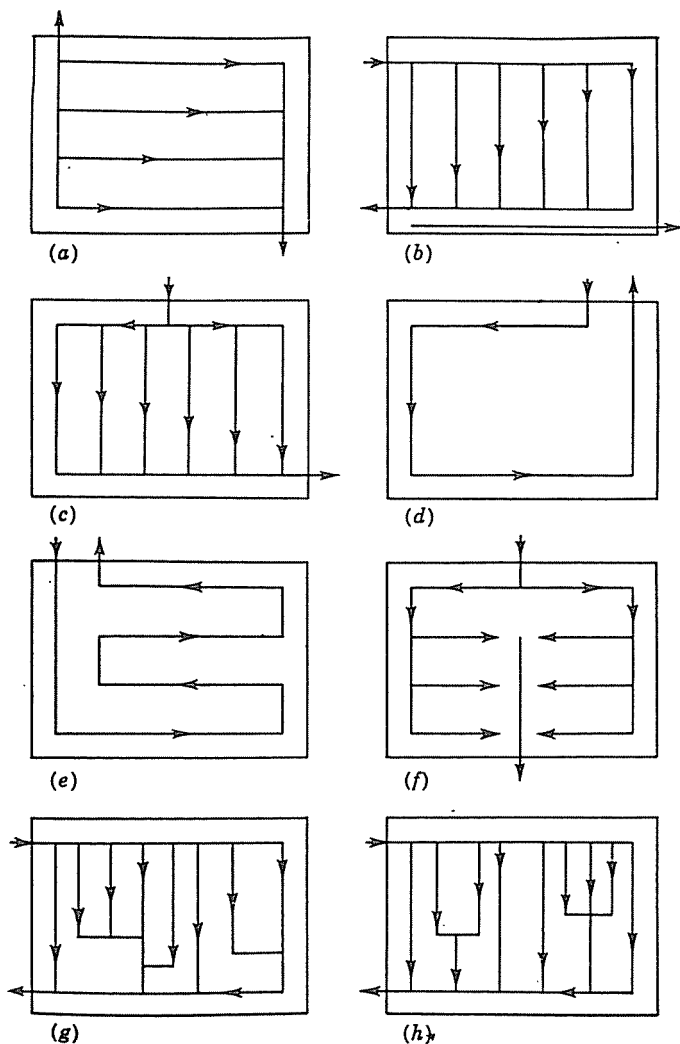
U ovom poglavlju će se dati pregled osnovnih opisno-analognih modela i navešće se pojedini primeri primene tih modela u projektantskoj praksi.

5.03.1. Šema kretanja materijala

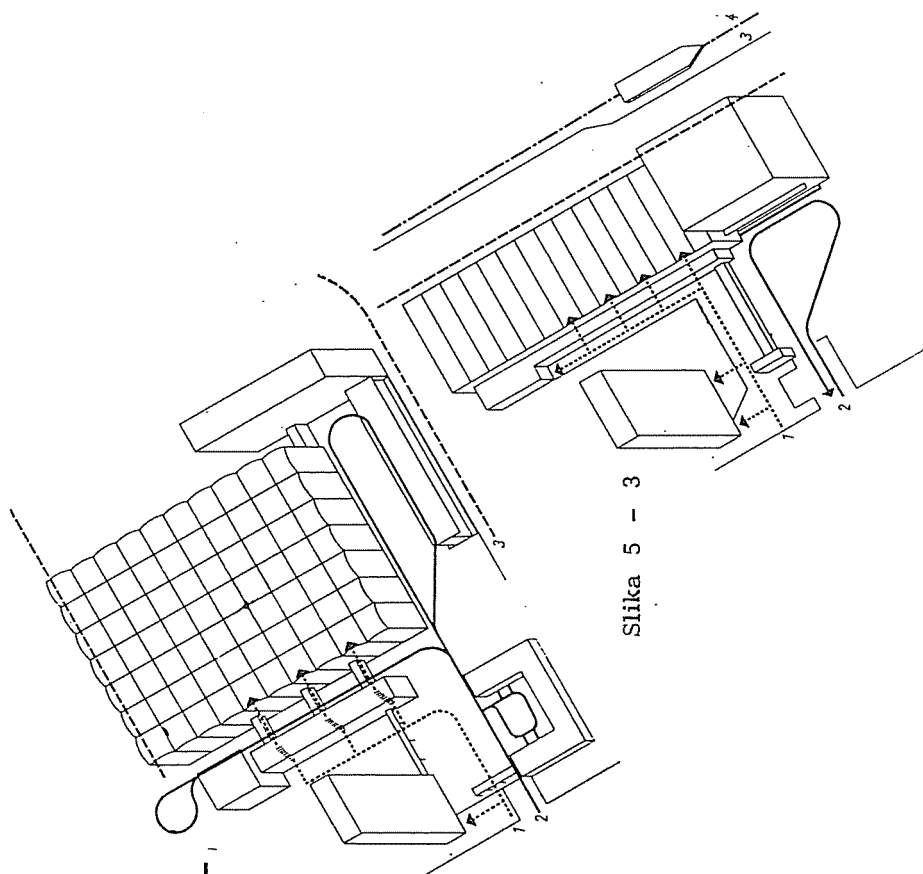
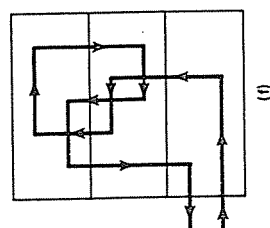
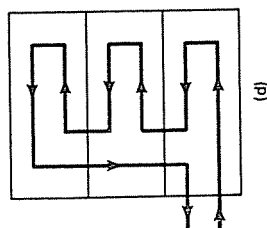
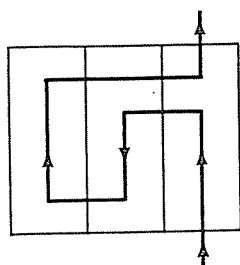
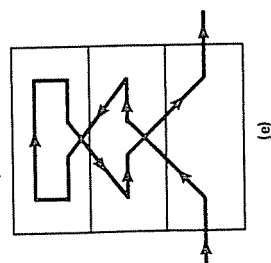
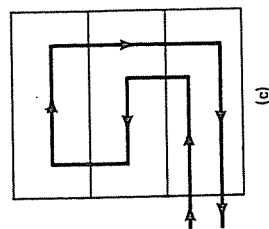
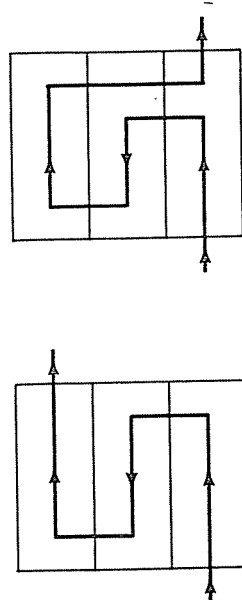
Predstavlja grafički izražen put i smer kretanja materijala kroz proizvodni proces od sirovine, odnosno polufabrikata, do gotovog proizvoda. Šema kretanja materijala može da se razvije u jedan ili više pravaca unutar pogona i to u horizontalnom (slika 5-1) ili vertikalnom (slika 5-2) pravcu zavisno od zahteva tehnološkog procesa. Postavljanje ove šeme ima veliki uticaj na oblik i veličinu zgrade (prizemna ili višespratna zgrada). Mesto početka (ulaz u sistem) i završetka (izlaz) ove šeme zavisi od situacionog plana, odnosno od položaja proizvodne jedinice u odnosu na saobraćajnice.

Šema kretanja materijala može da se postavi na dva načina: kao opšta koja karakteriše razmeštaj proizvodnih odeljenja i skladišta i kao posebna unutar proizvodnog odeljenja, koja karakteriše raspored mašina i radnih mesta u proizvodnom procesu. Pri postavljanju ove šeme treba voditi računa o sledećim faktorima koji utiču na njen oblik i veličinu:

- da predstavlja najkraći mogući put materijala kroz proizvodni proces,
- da ima po mogućnosti zatvoren oblik i da ide u jednom smeru, izbegavajući ukrštanja i povratna kretanja, i



Slika 5 - 1



Slika 5 - 4

- da omogućuje proširenje pogona bez prekidanja glavnih linija kretanja materijala.

Šema kretanja daje samo grafički prikaz linije premeštanja materijala, odnosno delova, kroz proizvodni proces. Pri razradi projekta treba kompleksno razmatrati ceo problem kretanja materijala koji sadrži u sebi i vremensku komponentu. Zbog toga ovakva šema kretanja materijala predstavlja jednu od polaznih tačaka pri planiranju svakog proizvodnog postrojenja.

Na slici 5-3 dat je aksonometrijski izgled fabrike sa šemom kretanja zapolsenih (1), teretnih vozila (2), i železnice (3). Slika 5-4 prikazuje kretanje ljudi (1), vozila (2), železnice (3) i plovila (4).

Na slici 5-5 je data šema kretanja materijala u jednoj fabrici teretnih vozila. Oznake na slici označavaju pojedine proizvodne celine od ulaza polufabrikata (1) do završne montaže vozila (16).

5.03.2. Blok dijagram

Svaki elementarni blok ovog dijagrama ima najčešće značenje transformacionog procesa gde obično postoji matematički odnos ulaza i izlaza dat funkcijom transformacije. Ovaj odnos može da bude prost ili veoma kompleksan. Potrebno je napomenuti da nije uvek neophodno da se rigorozno matematički opiše transformacija, može jednostavno da se opiše proces sa njegovim ulazima i izlazima.

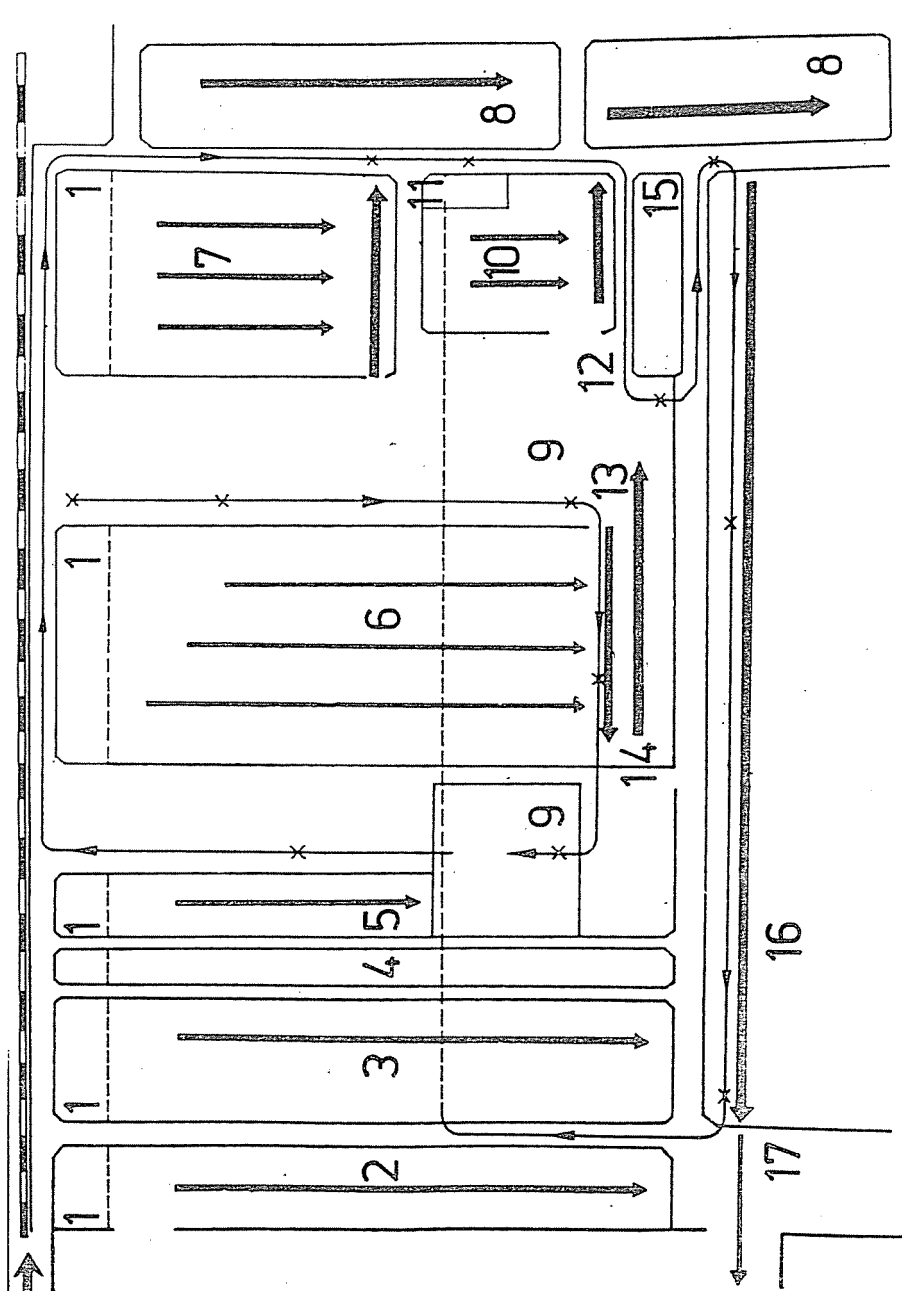
Priroda transformacije u bloku može da obuhvati ma koji izabrani nivo. Blok predstavlja grupisanje pojedinosti zavisno od naših potreba ili svrhe. Tako da, ako studiramo tokove materijala u fabrici, svaki proces može da bude predstavljen jednim blokom. Kada analiziramo proizvodni sistem svaki proces može da bude predstavljen jednim blokom ili blok može da predstavi sve procese u jednom odeljenju.

Metod blok dijagrama je veoma fleksibilan i definišuci nivo agregacije prilagođavamo se hijerarhiji postojećeg sistema. Konstrukcija blok dijagrama omogućava razvijanje veoma kompleksnih opisa na ma kome željenom nivou, tako da se koristi kako kod projektovanja novih sistema tako i kod analize postojećih.

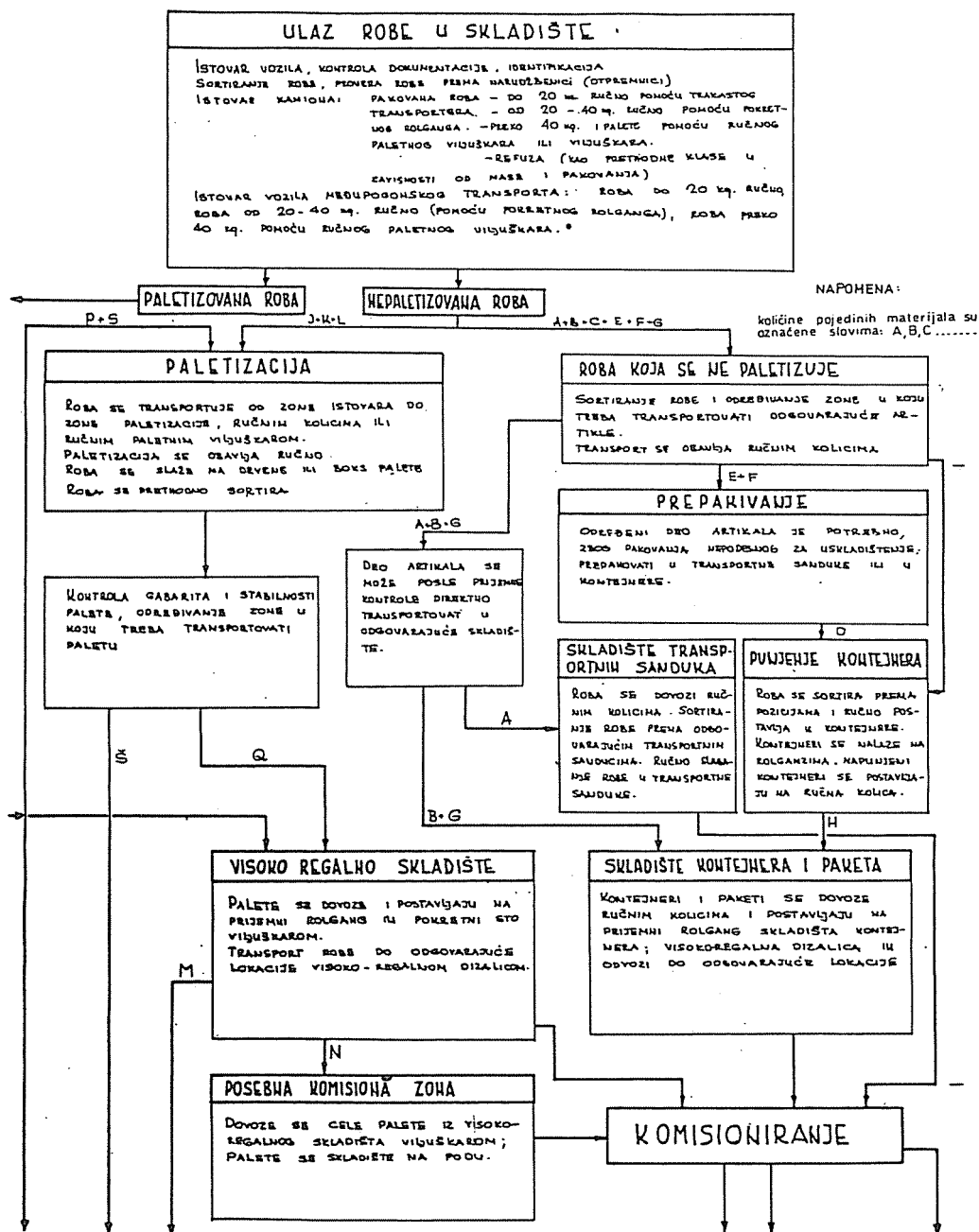
Postoje tri vrste elementarnih blokova /63/:

- transformacioni blok,
- blok odlučivanja, i
- blok povratne snage.

Na slici 5-6 je prikazan deo blok dijagrama koji je korišćen u toku izrade idejnog rešenja centralizovanog skladišta jednog SOUR-a /19/. Visoko regalno skladište je predviđeno da opslužuje više fabrika. Transformacioni procesi su dati opisno. Slika 5-7 prikazuje blok dijagram istog skladišta sa navedenim količinama koje se transportuju.



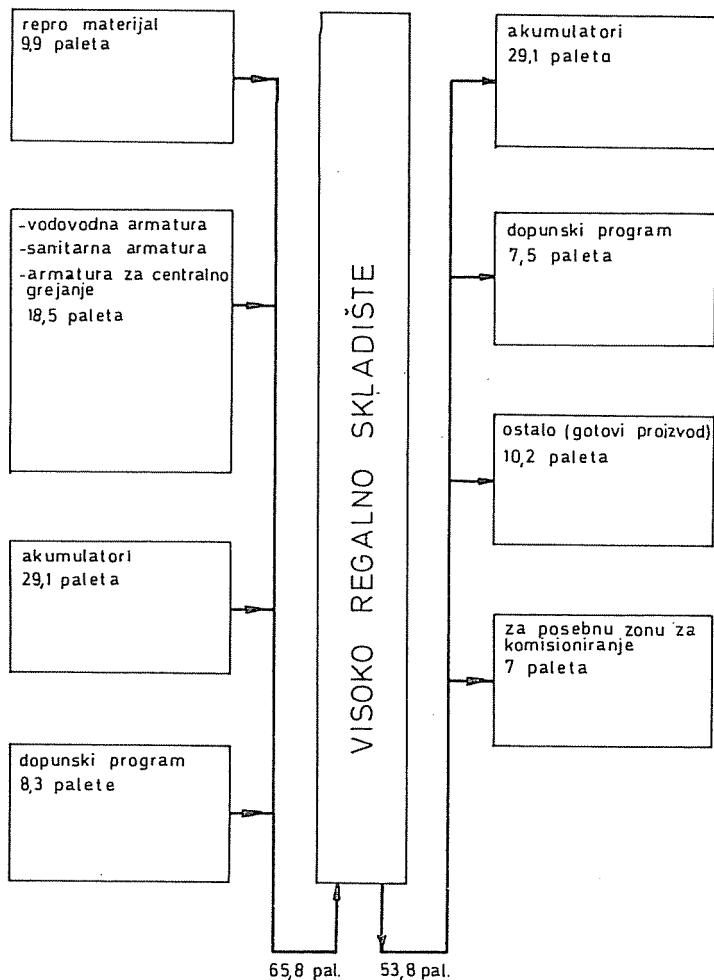
Slika 5 - 5



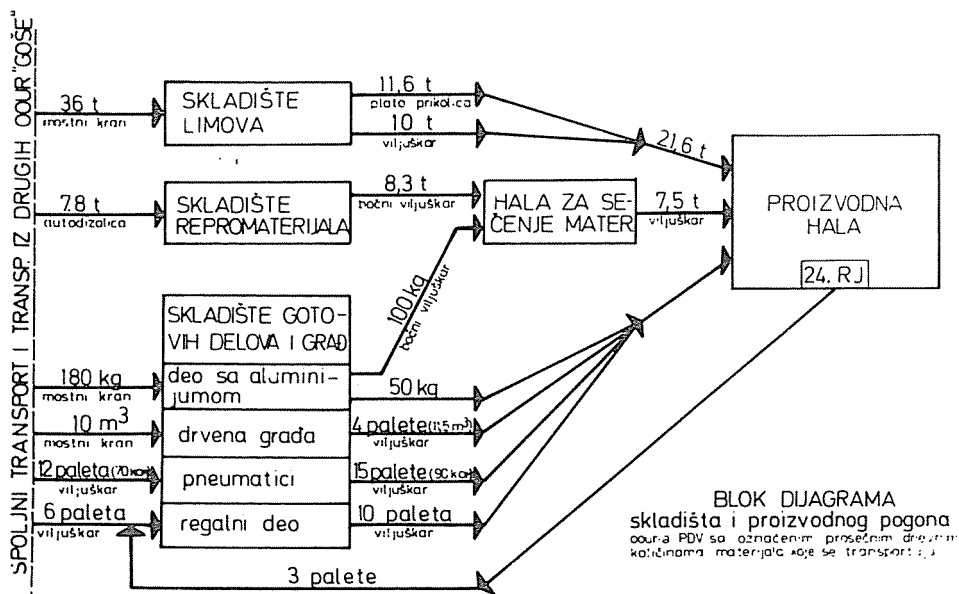
Slika 5 - 6

Na slici 5-8 je dat blok dijagram koji je korišćen kod izrade projekta međupogonskog transporta u jednoj fabrici (Sm. Palanka) /31/. Identifikovane su tri skladišne celine, količine materijala koji se transportuje i transportna sredstva. Slika 5-9 prikazuje kretanje dokumentacije u istom OOUR-u.

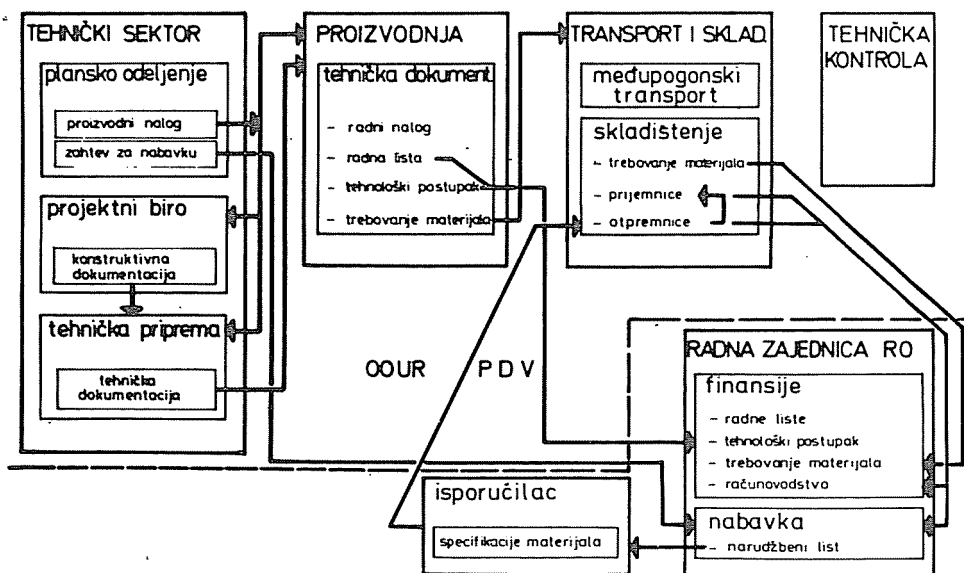
PROSEČNE KOLIČINE KOJE SE TRANSPORTUJU
U TOKU DANA



Slika 5 - 7



Slika 5 - 8

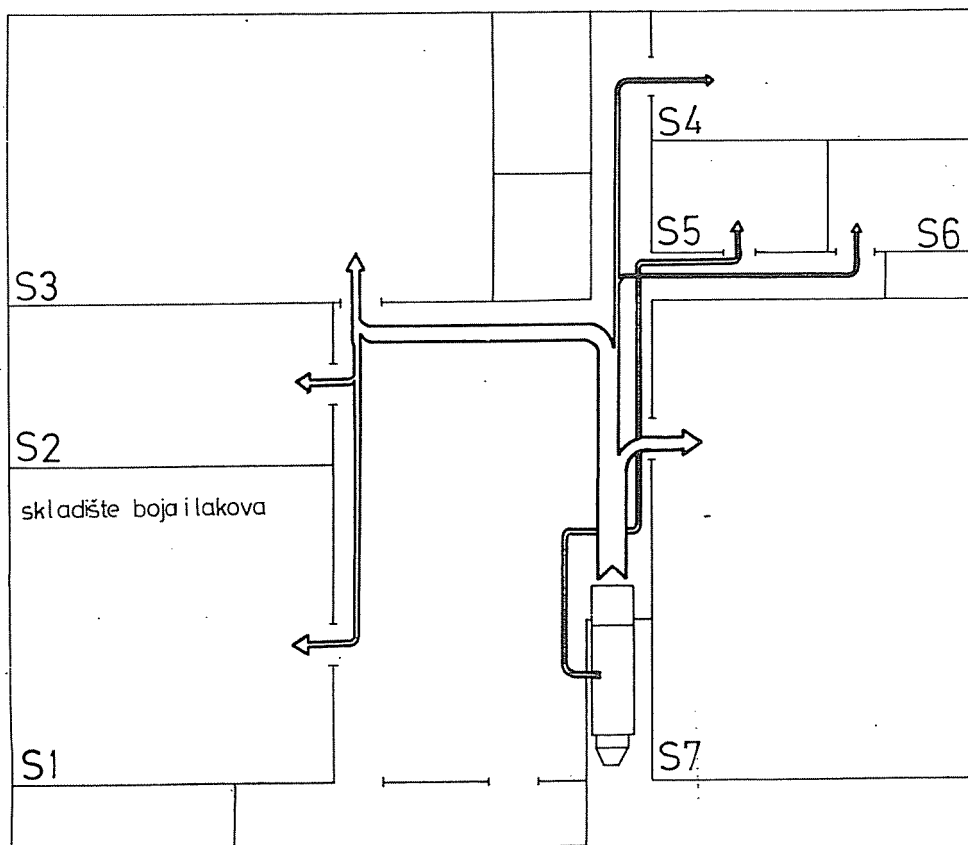


Slika 5 - 9

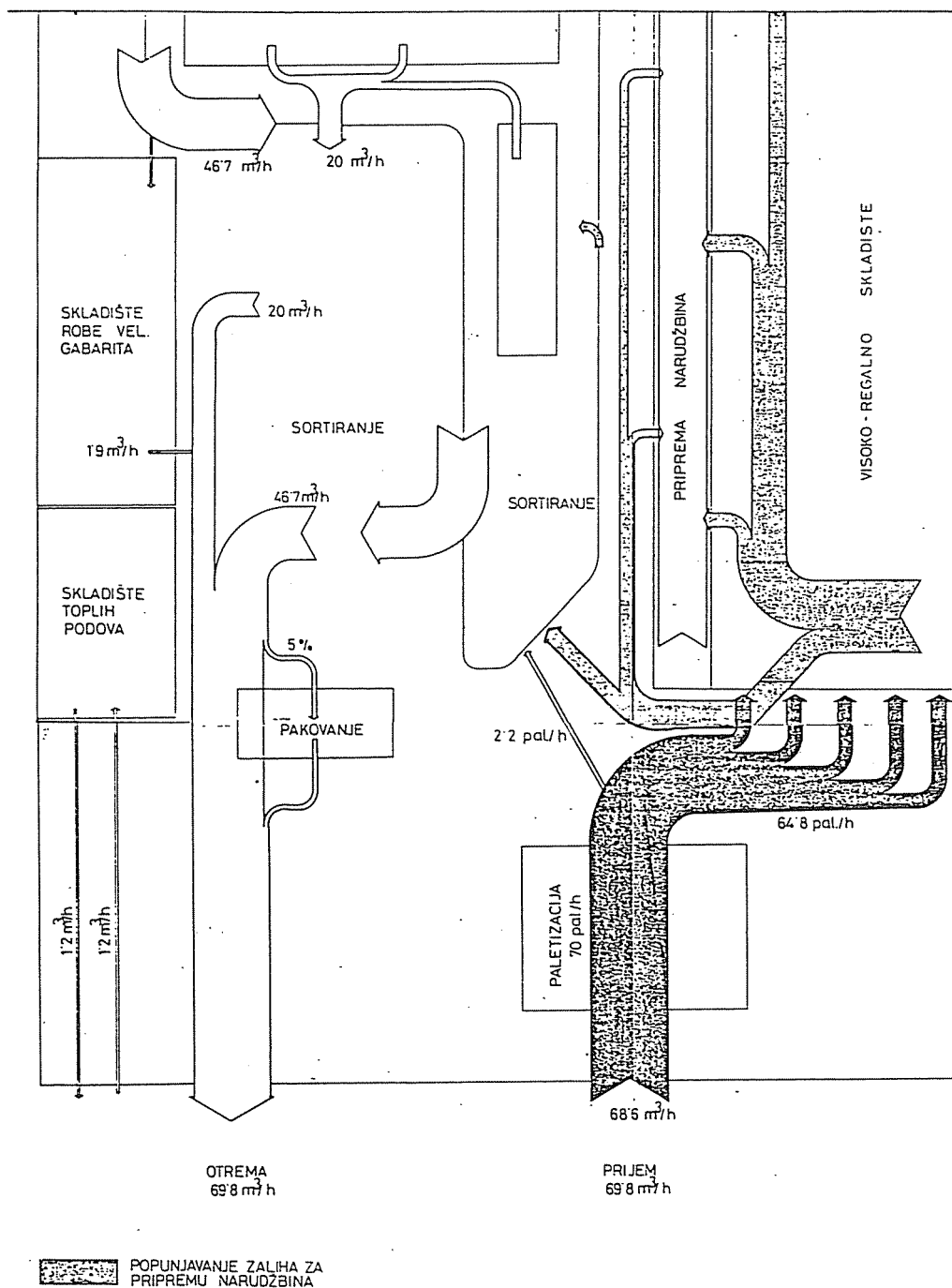
5.03.3. Dijagram toka

Dijagram toka materijala daje šematski prikaz glavnih tokova (smer i intenzitet). Omogućava da se sagledaju ukupna kretanja u pogonu (uključujući i otpadne materijale) i da se približno odrede dužine transportnih puteva. Smer kretanja se označava strelicom, a količina materijala koji se transportuje u datom pravcu se prikazuje širinom toka u odgovarajućoj razmeri.

Na slici 5-10 je dat dijagram toka na kome je označen prijem i transport materijala do sedam posebnih skladišnih jedinica (S1 - S7). Skladište je predviđeno za čuvanje opasnih i zapaljivih materijala /20/. Slika 5 - 11 prikazuje dijagram toka materijala visokoregalnog skladišta distribucionog centra "Beteks" u Leštanima /18/. Količine materijala su date u broju paleta na čas i u (m^3/h) zavisno od transportno tehničkih karakteristika robe.



Slika 5 - 10



Slika 5 - 11

5.03.4. Tabelarni prikaz procesa

Pojedini autori /46/ predlažu da se za izradu idejnih rešenja koristi tablica koja prikazuje osnovno kretanje proizvoda (slika 5-12). U tablici se unose operacije, mašine i broj izvršioca. Po potrebi se identifikuju i količine materijala koji se transportuje. Uprošćeno rešenje layout-a za navedeni primer je dato na slici 5 - 13.

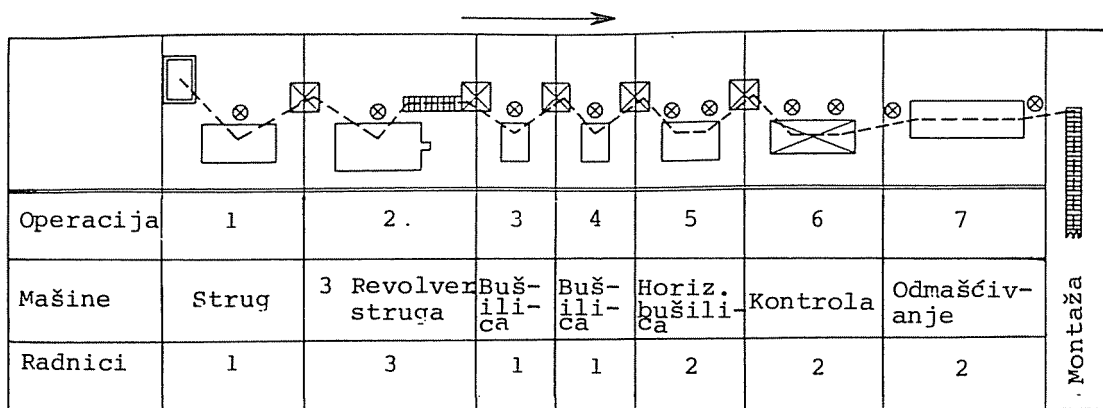
5.03.5. Dijagram procesa izrade

Kao što se vidi iz prethodnih razmatranja jedan od značajnih faktora u analizi kretanja materijala i projektovanju layout-a je prostorno prikazivanje pojedinih tokova kroz proces tako da se uvek podvlači vizuelni aspekt analize. Pri tome treba naglasiti, da sistematsko ispitivanje činjenica na pogodan način treba da omogućiti brzu procenu i određivanje šta je učinjeno i da na prikladan način pokaže šta se predlaže, uključujući kada je to moguće i vremensku komponentu da bi se omogućila sinhronizacija pojedinih procesa. U ovu svrhu se koriste različiti dijagrami i karte koji se primenjuju zavisno od obuhvaćenih aktivnosti i željenog stepena detaljisanja. Za njihov izradu se koriste standardni simboli.

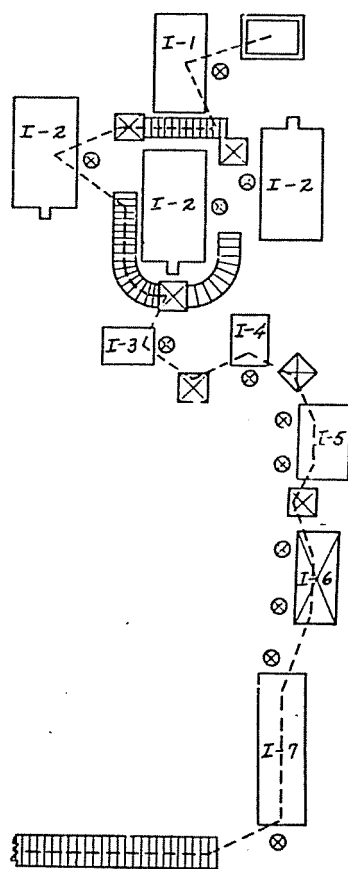
Simbole za crtanje dijagrama i karti su razvili Frank I Lilian Gilberth, a današnji oblik simbola je definisao David Porter (standard ASME (1947), Operation and Flow Process Charts).

Sledeći simboli se najčešće primenjuju:

-  - Operacija: nameran proces na jednom objektu koji mu daje konačno stanje (oblikovanje, obrada, sklapanje, rasklapanje, može da označava i operaciju pretovara pri detaljnoj analizi transportnih aktivnosti).
-  - Kontrola: provera količine ili kvaliteta.
-  - Transport: kretanje jednog objekta ili materijala sa jednog mesta na drugo, normalno se isključuje kretanje koje je obuhvaćeno procesom.
-  - Zastoj (odlaganje): zastoj u procesu do sledeće planirane operacije, proiziđao iz drugih okolnosti nego što je proces (čekanje na neku drugu akciju ili ostatak materijala iz njegove grupe).
-  - Skladištenje: planirana imobilizacija jednog objekta ili materijala.
-  - Medjufazno skladištenje: privremeno uskladištenje izmedju pojedinih faza procesa.



Slika 5 - 12



Slika 5 - 13

- - Kombinovane aktivnosti: aktivnosti koje se izvode istovremeno (u ovom slučaju procesna operacija i kontrola), prikazuju se kombinacijom prethodnih simbola.

Dijagram procesa izrade prikazuje redosled operacija i identifikacije mesta kontrole proizvoda. Simboli se postavljaju jedan za drugim na vertikalnoj liniji i pokazuju tok (napredovanje) proizvoda.

Horizontalne linije prikazuju napajanje pojedinih tokova komponentama. Operacije i kontrola se posebno numerišu polazeći od glavnog toka (crta se na desnoj strani dijagrama) sve do ulivanja prvog pomoćnog toka (horizontalna linija), broj niza se onda prenosi na početak sledećeg vertikalnog toka duž koga se nastavlja do tačke veze sa glavnim tokom. Konstrukcija dijagrama se dalje izvodi idući uvek sa desna na levo. Pored svakog simbola za operaciju i kontrolu se upisuje vreme izvođenja datog procesa i opis aktivnosti. U dijagramu se evidentira ukupni broj operacija i mesta za kontrolu proizvoda, daje se ukupno vreme procesa i vreme kontrole.

Na slici 5 - 14 je dat uprošćeni dijagram procesa izrade jedne osovinice /56/. Paralelno sa dijagramom je ucrtan i pojednostavljen izgled layout-a. Slika 5 - 15 daje dijagram za izradu iste osovinice sa datim vremenima za izvođenje pojedinih operacija i određivanjem potrebnog broja mašina.

Na slici 5 - 16 je dat primer primene ovog dijagrama u rešavanju problema proizvodnje i pakovanja ampula od stakla. Na slici 5 - 17 je dat dijagram procesa montaže loptastih slavina. Slika 5 - 18 sadrži sve pozicije koje se ugrađuju i sklop loptaste slavine. Slika 5 - 19 prikazuje dijagram procesa montaže ucrtan u layout (prethodno rešenje rasporeda radnih mesta i opreme).

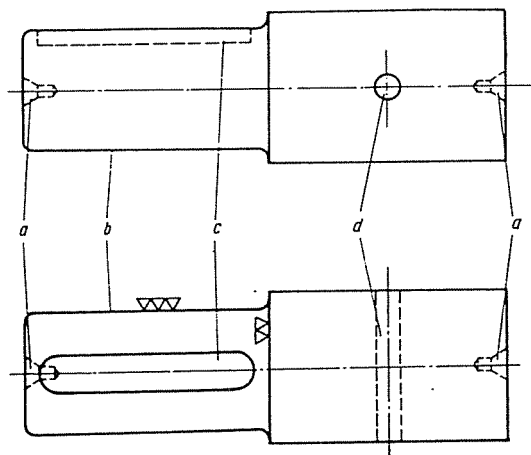
Na slici 5 - 20 je prikazano korišćenje dijagrama procesa montaže kod planiranja layout-a jedne male fabrike. Glavna montažna linije je označena sa (A), a bočne linije montaže sa (SA). Slika 5 - 21 prikazuje korišćenje dijagrama procesa izrade pri uporednoj analizi dva razmeštaja opreme prema proizvodu i prema procesu.

5.03.6. Dijagram kretanja materijala

Dijagram kretanja materijala se koristi kada je potrebno detaljnije opisati pojedine aktivnosti. Pored operacija procesa i kontrole prati i druge aktivnosti: transport, skladištenje, zastoje itd. Koristeći simbole za ove aktivnosti, formira se na isti način kao i dijagram procesa izrade (v. završnu montažu loptaste slavine, slika 5 - 17).

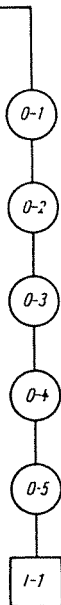
5.03.7. Dijagram procesa izrade za više proizvoda

Kada je potrebno analizirati veći broj proizvoda (obično 5 - 10)



Radni komad

Repromaterijal
(iz skladišta)



Sečenje

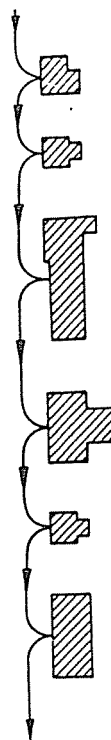
Zabušivanje

Struganje

Glodanje

Bušenje

Kontrola



Testera

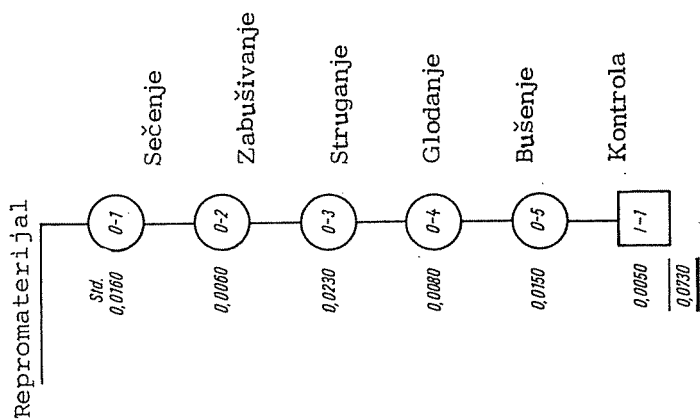
Bušilica

Strug

Glodalica

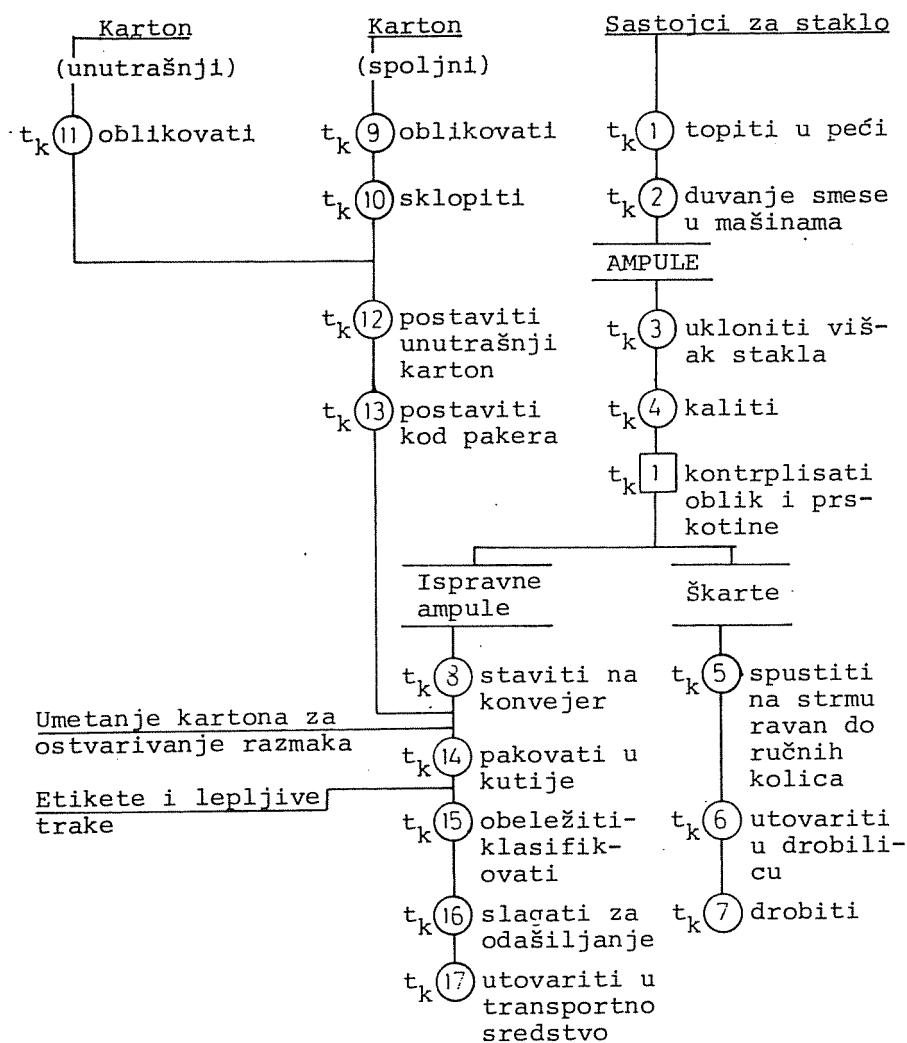
Bušilica

Kontrola



Mašina	t (h)	Br. mašina	LAYOUT
Testera	0,0160	$\frac{0,0160}{0,0050} \approx 1,6 \rightarrow 2$	
Bušilica (br.1)	0,0060	$\frac{0,0060}{0,0050} \approx 0,7 \rightarrow 1$	
Strug	0,0230	$\frac{0,0230}{0,0050} \approx 2,6 \rightarrow 3$	
Glodalica	0,0080	$\frac{0,0080}{0,0050} \approx 0,9 \rightarrow 1$	
Bušilica (br.2)	0,0150	$\frac{0,0150}{0,0050} \approx 1,7 \rightarrow 2$	
Kontrola	0,0050	$\frac{0,0050}{0,0050} \approx 0,6 \rightarrow 1$	

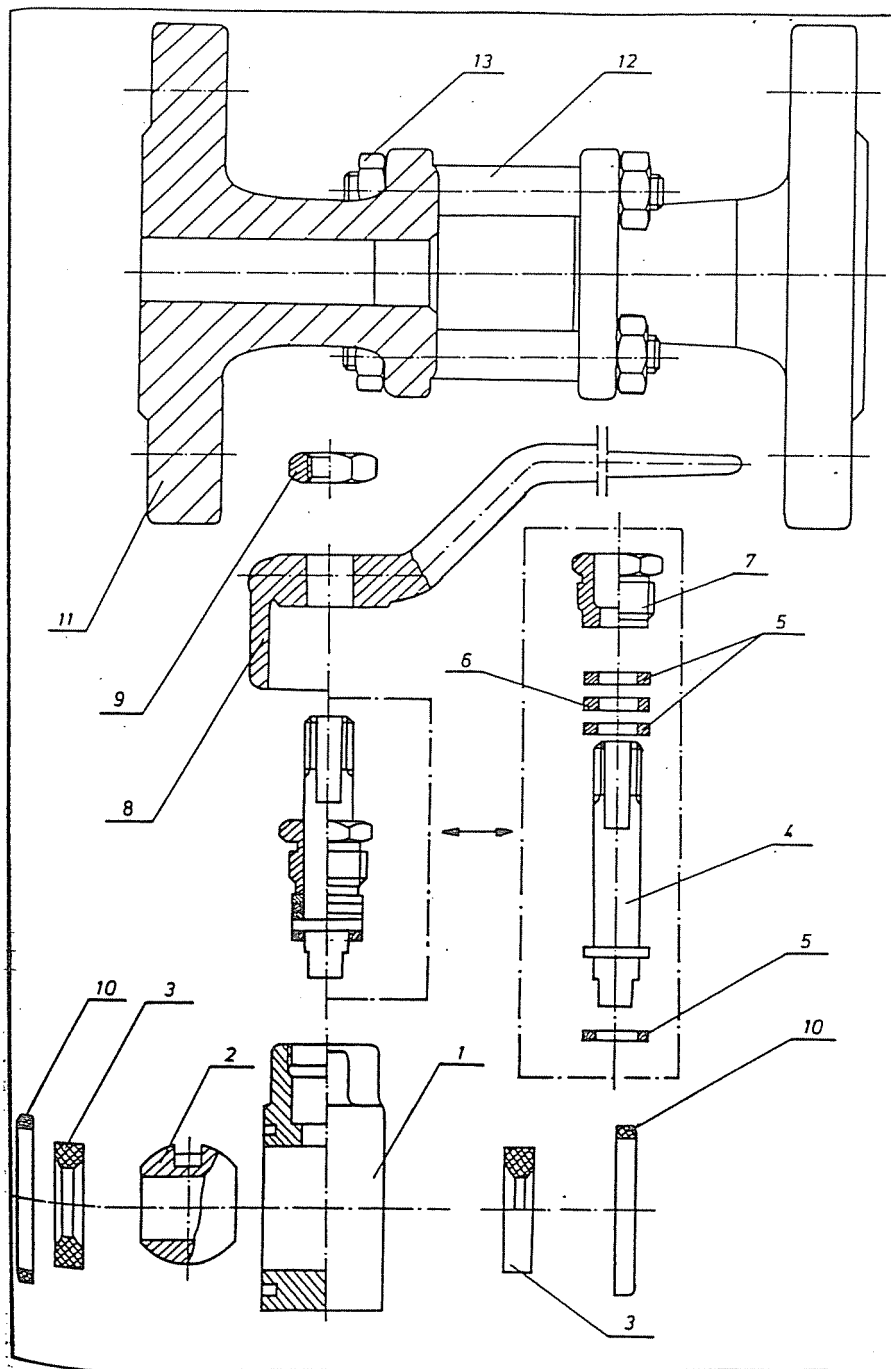
Slika 5 - 15



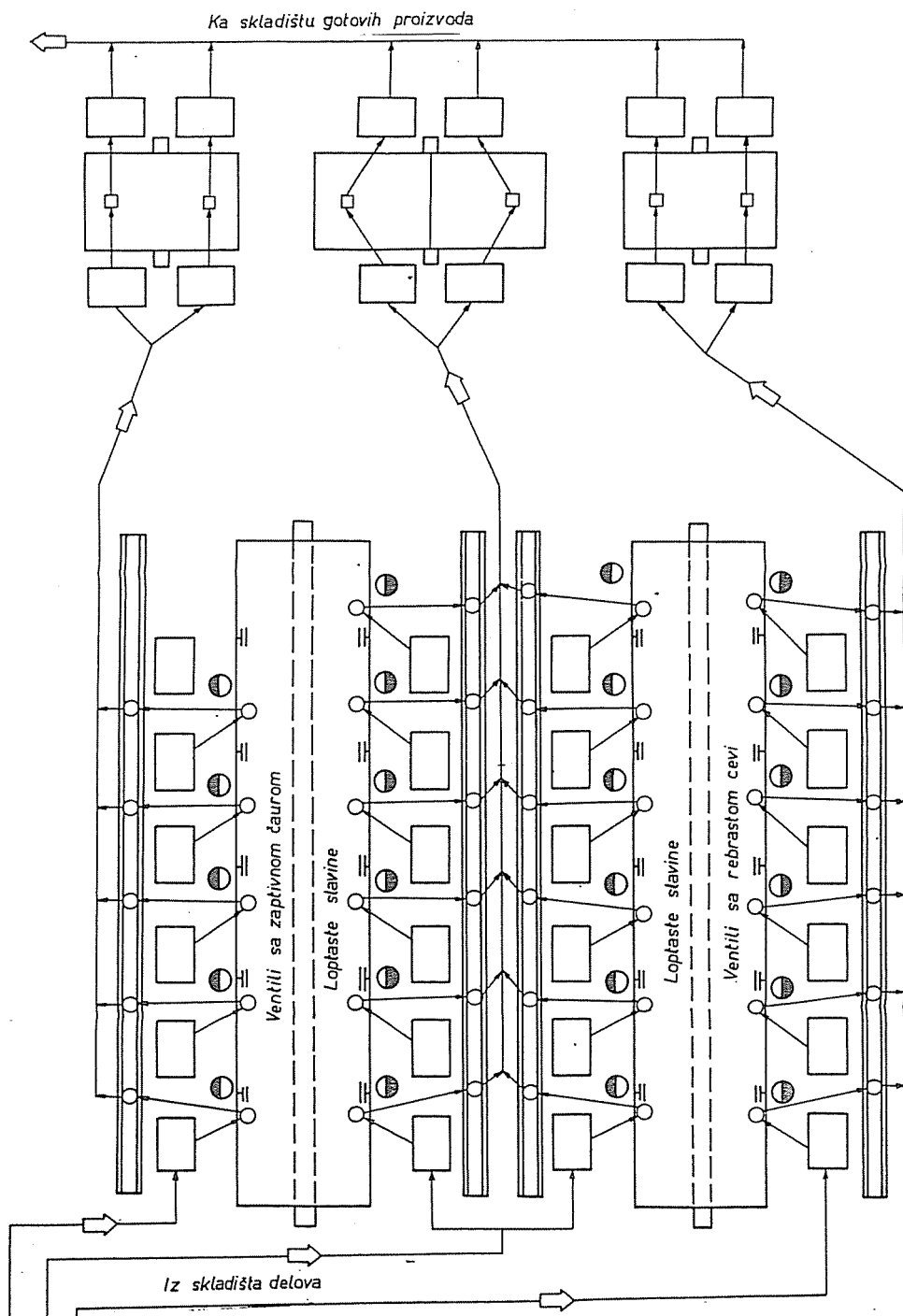
Rezultat - ukupno:

- operacija 17; vreme = t_k
- kontrola 1; vreme = t_k

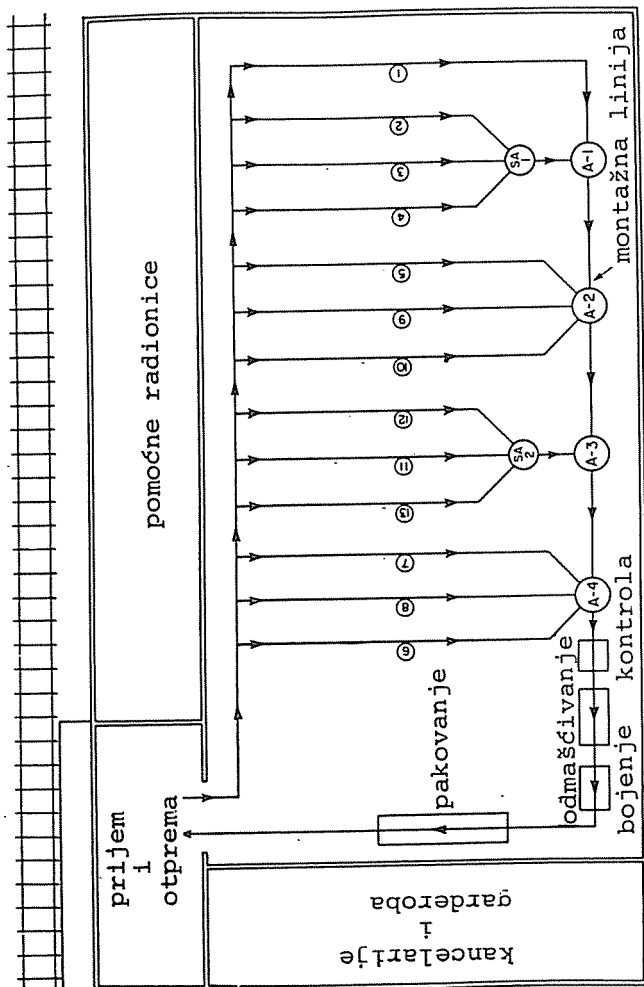
Slika 5 - 16



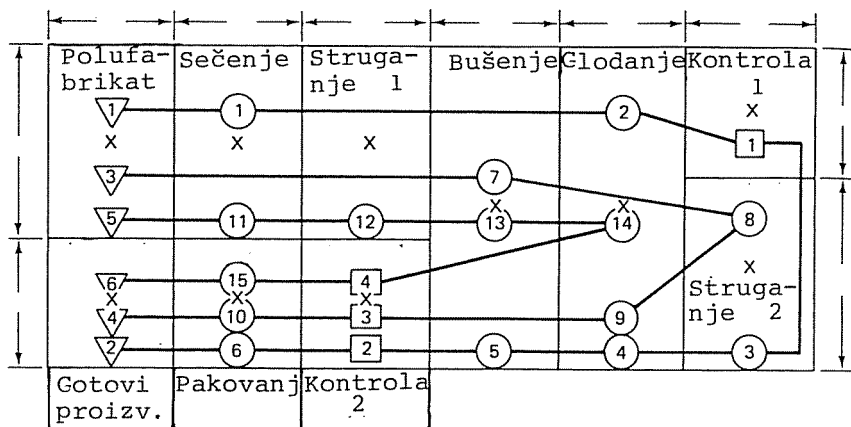
Slika 5 - 18



Slika 5 - 19



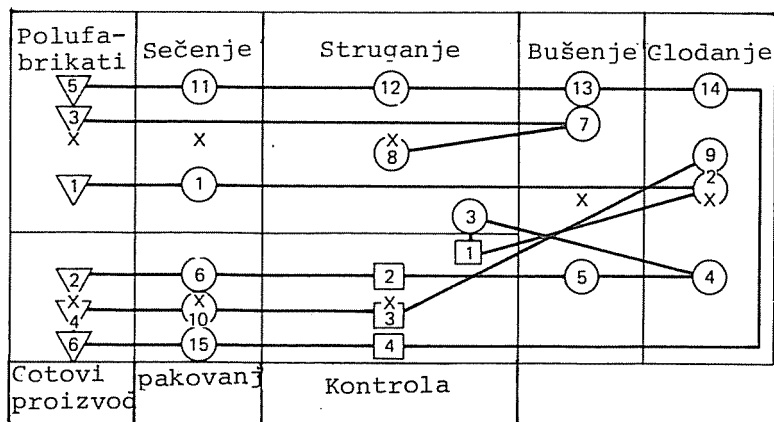
Slika 5 - 20



○ Operacija-obrađ

□ Kontrola

▽ Skladištenje



Slika 5 - 21

koristi se dijagram procesa izrade za više proizvoda (slika 5 - 22). U prvoj koloni se nalaze operacije a u zaglavlju proizvodi ili pozicije (A - E) obuhvaćeni procesom. Put svake pozicije je određen pomoću prethodno identifikovanih operacija. Pošto je osnovni cilj layout-a da se dobije progresivan tok sa minimumom povratnih puteva i da se postave blizu operacije između kojih postoji najveći intenzitet toka, menjamo položaj pojedinih operacija na dijagramu sve dok ne dobijemo optimalni raspored.

Vrednovanje alternativa može da se izvede usvajajući sistem bodovanja:

- kada operacije idu jedna za drugom (+ 2 boda),
- kada se preskoči jedna operacija (+ 1 bod), na pr. operacije 5 i 6 za proizvod A,
- kada se preskoči više operacija (0 bodova), na pr. operacije 1 i 2 za proizvod B,
- kada se proizvod vraća na prethodnu operaciju (-1 bod), na pr. operacije 4 i 5 za proizvod D, i
- kada povratna trasa prelazi više od jedne operacije (-3 boda), na pr. operacije 2 i 3 za proizvod D.

Projektant može zavisno od problema koji rešava da usvoji i drugi sistem bodovanja alternativnih rešenja. Procena pojedinih alternativa može da se izvrši i tako što će se podaci iz ovog dijagrama uneti u matricu OD-DO i računati transportni učinak.

Dijagram procesa izrade za više proizvoda se najčešće koristi kod projektovanja višepredmetnih linija.

5.03.8. Karta toka materijala

Karta toka predstavlja nadgradnju dijagrama kretanja materijala i omogućava detaljnu analizu pojedinih tokova. Uključujući u razmatranje vremena svih aktivnosti, rastojanja između pojedinih lokacija (transportni put), broj izvršioca i opremu koja se koristi za transport.

Na slikama 5 - 23 i 5 - 24 su prikazana dva tipa karti koje se koriste za analizu kretanja materijala.

5.03.9. Matrica (karta OD - DO)

Kada se analizira kretanje velikog broja različitih proizvoda ili pozicija koristi se matrica OD - DO. Pošto je primena ove matrice detaljno objašnjena u poglavlju 4, ovde će se navesti primeri koji treba da ukažu na neke mogućnosti njenog korišćenja. Modifikovane matrice (karte) su primenjene u analizi transportno-manipulativnog sistema železare /27/, /33/.

Korišćene su dve karte koje se uzajamno dopunjuju. Prva koja daje kvantitativne veze između prijema, pretovarnih mesta, proizvodnih jedinica

Operacija	A	B	C	D	E	% Q po operaciji
1. Isecanje	1	1	1	3		A - 18 B - 32 C - 28 D - 14 92
2. Poliranje	2					18
3. Ispiranje	3					18
4. Niklovanje	4					18
5. Zavarivanje				1	1	D - 14 E - 8 22
6. Anodiziranje				2	2	22
7. Farbanje				5	3	22
8. Utiskivanje	5	2	2	4	4	100
9. Načrivanje					5	8
10. Suvo prskanje	6	3				A - 18 B - 32 50
11. Doterivanje	7	4				50
12. Načrivanje	8	5				50
13. Odmašćivanje	9					18
14. Ispiranje	10	7		6	6	72
15. Lakiranje	11	8	3			78
16. Farbanje		6				32
17. Potencijalne promene proc.	9	7				50
% Q	18	32	28	14	8	100
Broj bodova						Ukupno:

Slika 5 - 22

MAŠINSKI FAKULTET BEOGRAD OOUR 1 - JUR ZA PRIVREDNO MAŠ						PROJEKAT:				LIST BR.	
KARTA TOKA MATERIJALA										VEZA SA:	
NAZIV PROCESA:						MATERIJAL					
						PAKOVANJE					
REDNI BROJ	OPIS OPERACIJE	☐	☐	☐	☐	RASTOJANJE (m)	KOLIČINA (kom.)	MASA (kg)	POTREBNO VREME	BROJ RADNIKA	OPREMA
		OPERACIJA	KONTROLA	TRANSPORT	ZASTOJ						
1											
2											
3											
4											
5											
6											
7											
8											
9											
10											
11											
12											
13											
14											
15											
16											
17											
UKUPNO:											
PRIMEDBE:											
										datum:	
										saradnik:	

KARTA TOKA MATERIJALA					Datum: _____										
Vrsta posla: _____					Snimatelj: _____										
☒ Postojeća metoda ☐ Predložena metoda					List br. _____										
Operacija	Aktivnosti	Vreme	Rasto- janje	Analiza					Način delovanja						
				Zašto?					Primedbe	Eliminis.	Kombinov	Prom.reDOS	Uprostiti	Ostalo	
				Sr ta?	Gde?	Kada?	Ko?	Kako?							
Skladište	O → □ D ∇	8:10	—												
Pregldokum	Q → □ D ∇	8:33	—												
Čekanje	Q → □ D ∇	8:45	—												
Utovar	Q → □ D ∇	9:16	20												
Transport	O → □ D ∇	9:19	130												
Obrada	Q → □ D ∇	9:40	—			X									
Kontrola	O → □ D ∇	9:47	—												
Pakovanje	Q → □ D ∇	10:03	12												
Skladište	O → □ D ∇	10:15	—												

Slika 5 - 24

i otpreme (slika 5 - 25) i druga koja daje vezu transportnih sredstava i po - menutih lokacija kao i dužinu odgovarajućih transportnih puteva (slika 5-26).

Karte sadrže pored rubrika koje su uobičajene u literaturi i elementa koji ih dopunjuju i daju celovitiji prikaz sistema. Prva karta obuhvata sledeće elemente:

- korišćenje polja velike dijagonale, odnosno polja sa oznakom A_{ij} za $i=j=1,2,\dots,n$; u polja su unešeni podaci o količinama koje karakterišu skladišta - lokacije; svako polje korišćeno je za prikazivanje tri uporedne količine materijala,

- kritične veze između lokacija i uska grla za skladište - lokaciju posebno su označena na karti (zatamnjena polja).

Uvodjenjem dodatnih elemenata karta "od-do" daje niz podataka analitičaru:

- Količine materijala koje se transportuju između pojedinih lokacija, odnosno kvantitativnu vezu,

- prikaz sladišnih i pretovarnih kapaciteta kao i godišnji promet na tim lokacijama,

- isticanje kritičnih veza između lokacija,

- isticanje uskih grla za skladišne lokacije, i

- prioritet problema koji treba rešavati da bi se kritične veze i uska grla otklonili.

Druga karta koja koristi osnovni princip matrice od-do modifikovana je u sledećem:

- u polja veze između lokacija unesena je vrsta transportnih sredstava i dužina transportnih puteva za pojedina transportna sredstva, i

- uska grla u transportu su posebno označena.

Namena ove karte je da upotpuni predhodnu podacima o raspoloživoj mehanizaciji i transportnim putevima sistema kao celine.

5.04. Postupak R. Muthera

Jedan od problema sa kojim se projektant susreće je da zna koju metodu za analizu kretanja materijala da primeni u datoj situaciji. Postupak izbora metode za analizu kretanja koji predlaže R. Muther /51/ počinje analizom P - Q dijagrama (slika 5-27). Zavisno od asortimana proizvoda i obima proizvodnje (broj pozicija i njihove količine) predlaže se sledeći izbor metoda:

A. Za jedan ili nekoliko standardizovanih proizvoda ili pozicija upotrebljava se dijagram procesa izrade ili dijagram kretanja materijala.

DO OD		AGLOMERACIJA				VISOKA PEĆ		KONVERTORSKA ČELIČANA				IOPRA VALJAONICA		
DOUR	RED BROJ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
		DOPREMA U MKS (SVOJIM TRANSPORT)	VAGONO-PREVRTAČ	SKLADIŠTE KRUPNOG KOKSA	SKLADIŠTE AGLOMERATA	VISOKA PEĆ	HLADIŠTE ŠLJAKE I TROSKA	LIVNA MAŠINA	KONVERTORSKA ČELIČANA	SKLADIŠTE SLABOVA U KONVERTORSKOJ ČELIČANI	SKLADIŠTE ČELIČNOG ULOŠKA OBJEKAT 410	SKLADIŠTE SLABOVA TV	SKLADIŠTE KOTURNOVA TV	MAKAZE TV
	1	DOPREMA U MKS (SVOJIM TRANSPORT)	ŽELEZ VAGON 10	TRAKASTI TRAN 07	TRAKASTI TRAN 07	TRAKASTI TRAN 32	HLADIŠTE ŠLJAKE I TROSKA					KAMION 20		
	2	VAGONO-PREVRTAČ		TRAKASTI TRAN 07	TRAKASTI TRAN 07	TRAKASTI TRAN 25								
	3	SKLADIŠTE KRUPNOG HOKSA				TRAKASTI TRAN 10								
	4	SKLADIŠTE AGLOMERATA				TRAKASTI TRAN 10								
	5	VISOKA PEĆ	VAGON KAMION 25				ČAŠE NA ŽEL. VAO 18							
	6	HLADIŠTE ŠLJAKE I TROSKA												
	7	LIVNA MAŠINA												
	8	KONVERTORSKA ČELIČANA				LOKCI NA VAGONIMA 12	ČAŠE NA VAGONIMA 20							
	9	SKLADIŠTE SLABOVA U KONVERTORSKOJ ČELIČANI												
	10	SKLADIŠTE ČELIČNOG ULOŠKA OBJEKAT 410					KAMION 30							
KONVERTORSKA ČELIČANA														
VISOKA PEĆ														
AGLOMERACIJA														
DOUR														

LEGENDA

VAGONI
123

— VRSTA TRANSPORTNOG SREDSTVA

— DUŽINA TRANSPORTNOG PUTA DATA U KM.

— OZNAKA ZA USKA GRCLA U TRANSPORTU

KARTA „OD-DO“ TRANSPORTNIH SREDSTAVA

VAGONO
PREVLAKA
02

LEGENDA.

VAGONI — VRSTA TRANSPORTNOG SREDSTVA

123 — DUŽINA TRANSPORTNOG PUTA DATA U KM.

— OZNAKA ZA USKA GRILA U TRANSPORTU

KARTA „OD-DO“ TRANSPORTNIH SREDSTAVA

VAGONO
PREVLANA

02

RED BROJ		DO		OD		DOPREMA U MHS (SPOJNI TRANSPORT)		AGLOMERACIJA		VISOKA PEĆ		KONVERTORSKA ČELIČANA		TOPLA VALJANICA															
1		DOPREMA U MHS (SPOJNI TRANSPORT)		1	149047	2	VAGIŠTE PREVRAT	3	SKLADIŠTE KUPENOG HOKSA	4	SKLADIŠTE AGLOMERATA	5	VISOKA PEĆ	6	VLADIŠTE SLIKE I TROSKA	7	LIVNA MAŠINA	8	KONVERTORSKA ČELIČANA	9	SKLADIŠTE SLABOVA U KONVERTORSKOJ ČELIČANI	10	SKLADIŠTE ČELIČNE UROŠKA 410	11	SKLADIŠTE SLABOVA TV	12	SKLADIŠTE KOTUROVA TV	13	KAKAZE TV
					10480715		1675795																						
2		VAGIŠTE PREVRAT			A22																								
3		SKLADIŠTE KUPENOG HOKSA			1059070		1078 9750																						
4		SKLADIŠTE AGLOMERATA																											
5		VISOKA PEĆ			97741																								
6		VLADIŠTE SLIKE I TROSKA			07045																								
7		LIVNA MAŠINA																											
8		KONVERTORSKA ČELIČANA																											
9		SKLADIŠTE SLABOVA U KONVERTORSKOJ ČELIČANI																											
10		SKLADIŠTE ČELIČNE UROŠKA 410																											

LEGENDA

12345

TRANSPORTOVANA KOLIČINA MATERIJALA
PREMA PLANU ZA 1984. god

12345

TRANSPORTOVANA KOLIČINA MATERIJALA U 1984. god

12345

TRANSPORTOVANA KOLIČINA MATERIJALA U 1983. god

A15

OZNAKA SKLADIŠTA - LOKACIJE

12345

KAPACITET SKLADIŠTA - LOKACIJE

12345

GODIŠNJI PROMET MATERIJALA U 1984. god

12345

GODIŠNJI PROMET MATERIJALA U 1983. god

A15

OZNAKA ZA SKLADIŠTE - LOKACIJU KOJA JE
USKO GRLO U MHS-u

A15

OZNAKA ZA KRITIČNU VEZU IZMEĐU LOKACIJA

KARTA „OD-DO“ SA KOLIČINAMA
MATERIJALA KOJI SE TRANSPORTUJE

1984. god

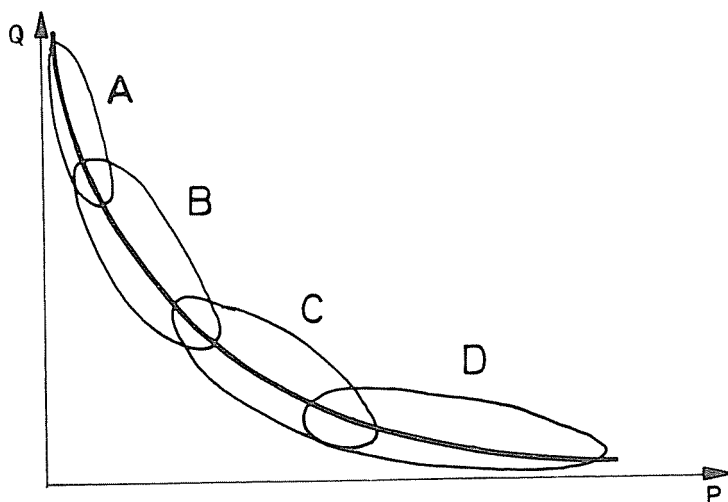
13.000

120.160,9

92.901

- B. Za nekoliko proizvoda ili pozicija (5-10) upotrebljava se dijagram procesa izrade za više proizvoda.
- C. Za veći broj proizvoda ili pozicija (srednji deo P - Q dijagrama) potrebno je oformiti grupe sličnih delova (prema masi gabaritu, količini itd.), za svaku grupu izabrati proizvod predstavnik i zavisno od njihovog broja primeniti analizu kao u tačkama A i B.
- D. Za veoma mnogo različitih proizvoda ili pozicija upotrebljava se matrica OD-DO.

Postupak R. Muthera treba da posluži samo kao orijentacija i projektant u svakoj posebnoj situaciji treba da izabere odgovarajuću metodu.



Slika 5 - 27

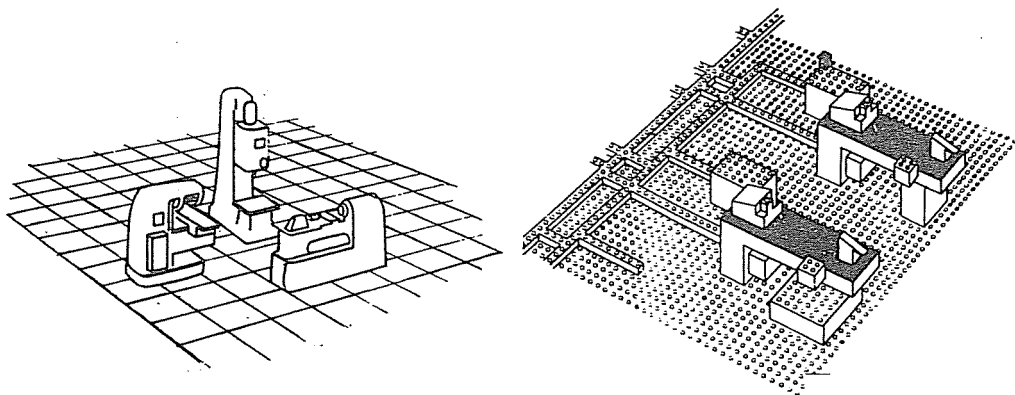
6. DISPOZICIONI PLAN

Prema proračunatoj potrebnoj površini, usvojenom rasporedu i sastavu odeljenja i pojedinih službi, a takodje vodeći računa o uslovima gradjevine izgradnje sastavlja se dispozicioni plan (layout).

Dispozicioni crteži se sastavljaju po sledećem redosledu: crta se osnova zgrade sa spoljnim zidovima, nanosi mreža stubova sa označenim koordinatama (na x-osi 1,2,3... itd., na y-osi A,B,C,... itd.), i ucrtavaju stubovi sa njihovim temeljima. Razmeštaju se površine odeljenja, ucrtavaju glavni prolazi, koloseci, pregradni zidovi i unutrašnja vrata. Na ovako pripremljenom planu se razmeštaju oprema i radna mesta, ucrtavaju dizalice i njihove staze, kao i drugi uređaji unutrašnjeg transporta.

Razmeštanje opreme i radnih mesta se najlakše izvodi pomoću šablona isečenih od hartije, ili trodimenzionalnih modela (Slika 6-1). Gabaritne mere opreme se uzimaju prema najisturenijim delovima mašina i krajnjim isturenim položajima pokretnih organa. Ukoliko je gabarit temelja veći od mašine onda se na planu unose mere temelja. Gabariti opreme i temelja se uzimaju iz kataloga proizvođača usvojene opreme.

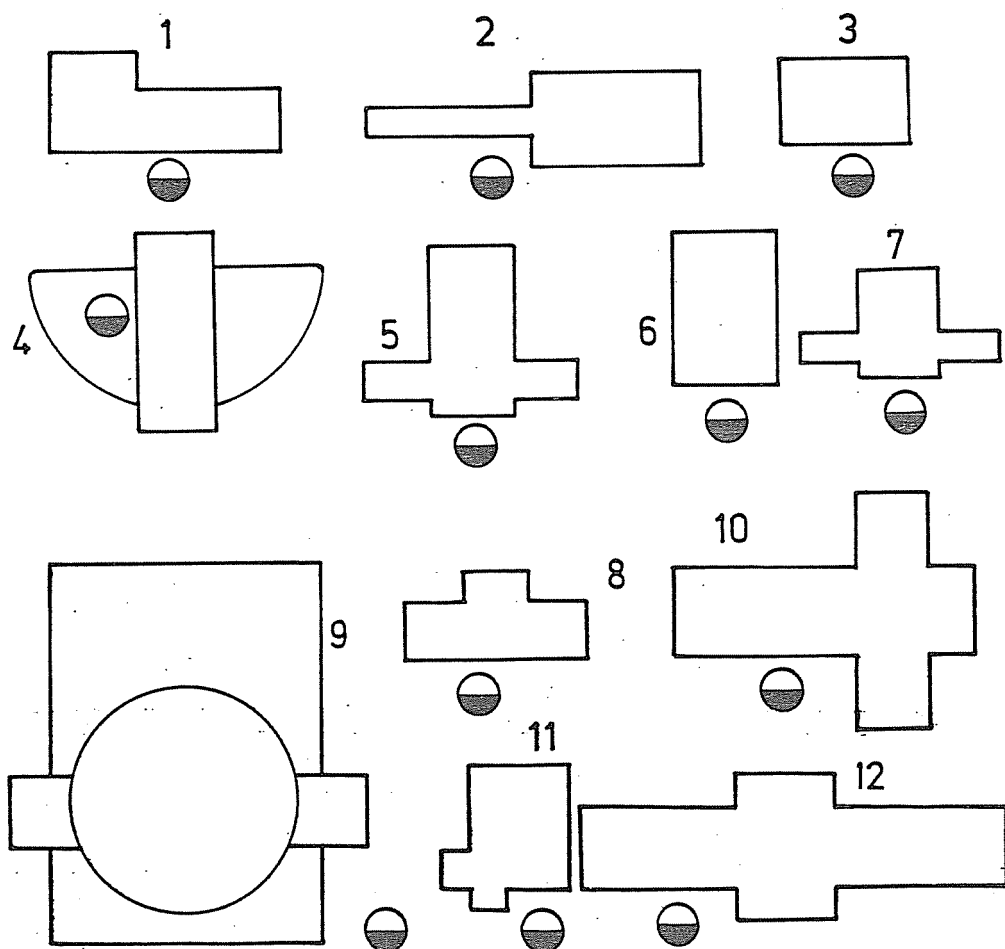
Projektovanje pomoću maketa se izvodi na taj način, što se na osnovu u određenoj razmeri nanosi koordinatna mreža i pomoću modela opreme izradjenih od drveta, liva ili plastike, odnosno šablona od hartije, rešavaju problemi konačnog rasporeda tehnološke opreme, pomoćne opreme, transportnih uređaja, itd. Usvojeno rešenje se ucrtava na osnovu i daju se odgovarajući preseći.



Slika 6 - 1

Osnove se crtaju u razmeri 1:50 ili 1:100, a za veoma velike pogone 1:200. Poprečni i uzdužni preseki zgrada daju se u razmerama 1:50 i 1:100. Montažni crteži se izrađuju u razmeri 1:50 i 1:25.

Uobičajeni izgled šablona od hartije za pojedine alatne mašine (1 - univerzalni strug; 2 - revolver ili automatski strug; 3 - stubna bušilica; 4 - radijalna bušilica; 5 - glodalica; 6 - mašina za izradu zupčanika; 7 - brusilica za spoljno ravno brušenje; 8 - brusilica za unutrašnje brušenje; 9 - karusel strug; 10 - portalna glodalica; 11 - kratkohoda rendisaljka; 12 - dugohoda rendisaljka) je dat na slici 6 - 2.



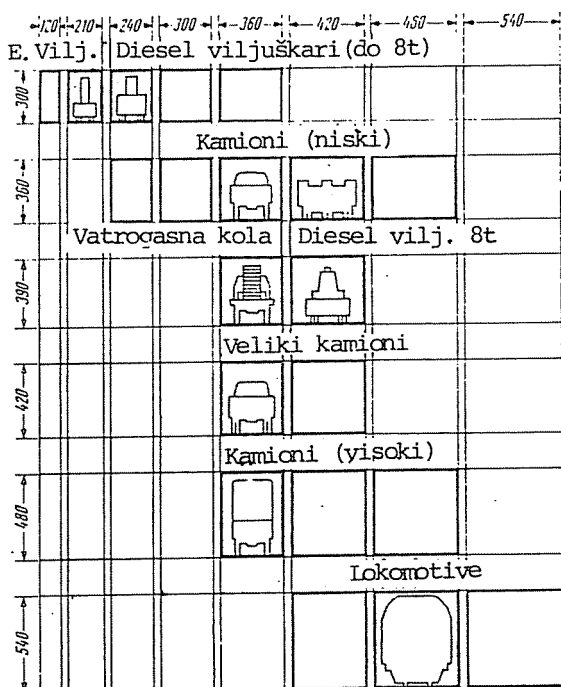
Slika 6 - 2

6.01 Dimenzije otvora i saobraćajnice

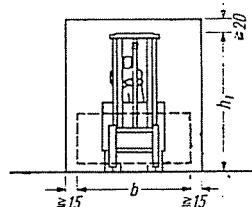
Dimenzije vrata u (m) za prolaz (DIN 18223):

	Širina	Dužina
- železnice sa električnom vučom	4,5	6,5
- železnice sa parnom vučom	4,5	5,0
- kamiona	3,0	4,50
- kamioneta	3,0	2,25
- putničkih automobila	2,0	2,25
- elektrokolica, tegljača itd.	2,0	2,50

Na slici 6 - 3 su date najmanje dozvoljene veličine metalnih vrata označeno sivo) za različita vozila. Slika 6 - 4 prikazuje minimalnu veličinu vrata zavisno od tipa uređaja i dimenzija tereta.



Slika 6 - 3



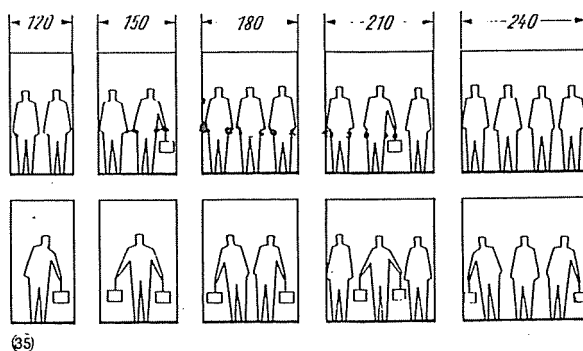
Slika 6 - 4

Prolazi u (m) pri opsluživanju (DIN 18225):

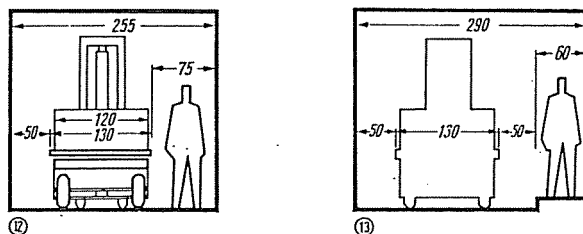
	Minimalna širina	Normalna širina
do 100 ljudi	1,10	1,20
do 300 ljudi	1,65	1,80
do 500 ljudi	2,20	2,40

U radnim prostorijama glavni hodnici za prolaz ljudi moraju biti široki najmanje 1,5 m, a sporedni hodnici najmanje 1,0 m. Radi lakog opsluživanja i čišćenja orudja za rad moraju se obezbediti sigurnosni prolazi širine najmanje 0,7 m.

Na slici 6 - 5 su date širine hodnika zavisno od broja osoba (sa ili bez tereta). Slika 6 - 6 prikazuje sigurnosnu širinu pešačke staze kada je postavljena duž glavne saobraćajnice /50/.



Slika 6 - 5



Slika 6 - 6

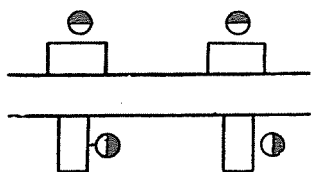
U tablici 6-1 su date norme za prolaze između mašina. Sva data rastojanja su minimalna.

Tablica 6-1

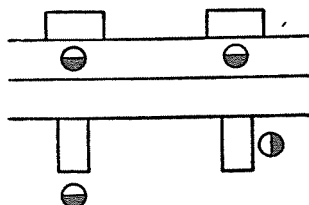
Primenjeni transportni uređaji	Pravac kretanja	Minimalna širina prolaza u (mm)		
		Bez zone za opsluživanje opreme (sl. 6-7)	Sa jednom zonom za opsluživanje opreme (uključujući radnu zonu) (sl. 6-8)	Sa dve zone za opsluživanje opreme uključujući radne zone (sl. 6-9)
1	2	3	4	5
Ručna kolica širine do 700 mm	jednosmeran	1500	1800	2300
	dvosmeran	2000	2300	3000
Elektrokolica ili višljuškari širine do 1200 mm	jednosmeran	2000	2500	3000
	dvosmeran	3000	-	-
Rolganzi	jednosmeran	700+širina rolganga	-	1600+širina rolganga
	dvosmeran	700+širina rolganga	-	1600+širina rolganga
Viseći konvejeri	jednosmeran	-	-	1600+gabarit proizvoda
	dvosmeran	-	-	1600+dvostruki gabarit proizvoda.

Napomena: 1. Širina radne zone iznosi 800 mm.

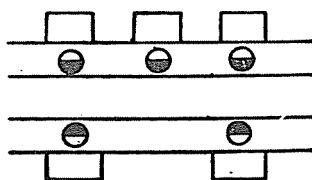
2. Pretpostavlja se da proizvod ne izlazi iz gabarita transportnog uređaja.



Slika 6 - 7

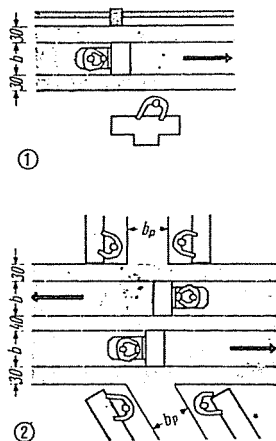


Slika 6 - 8

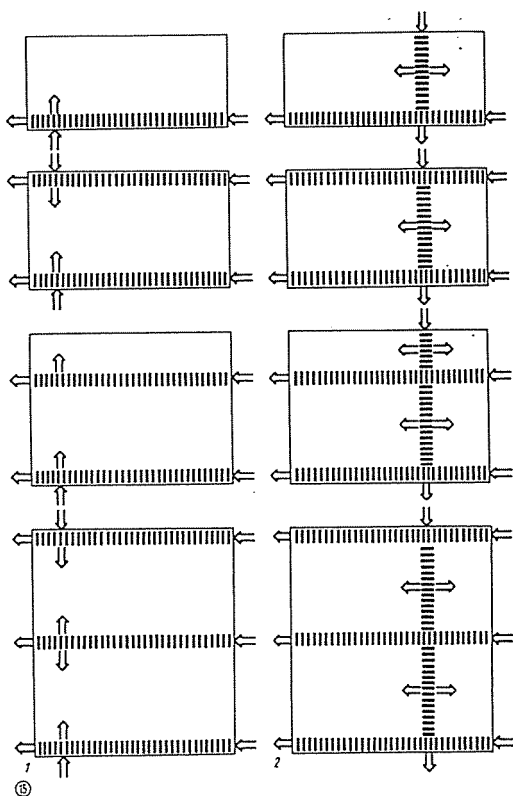
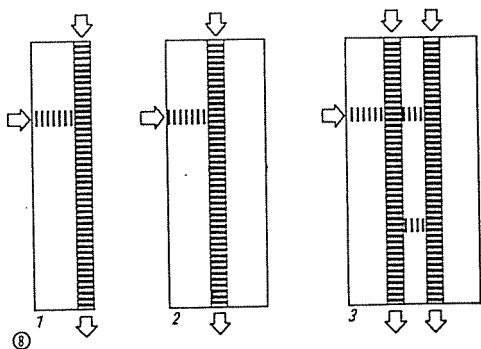


Slika 6 - 9

Širine glavnih saobraćajnica mogu da se odrede prema slici 6 - 10 , gde je (b) najveća širina vozila ili tereta a (b_p) širina pešačkog prolaza (700 mm). Na slici 6-11 su prikazani položaji glavnih saobraćajnica u hali.



Slika 6 - 10



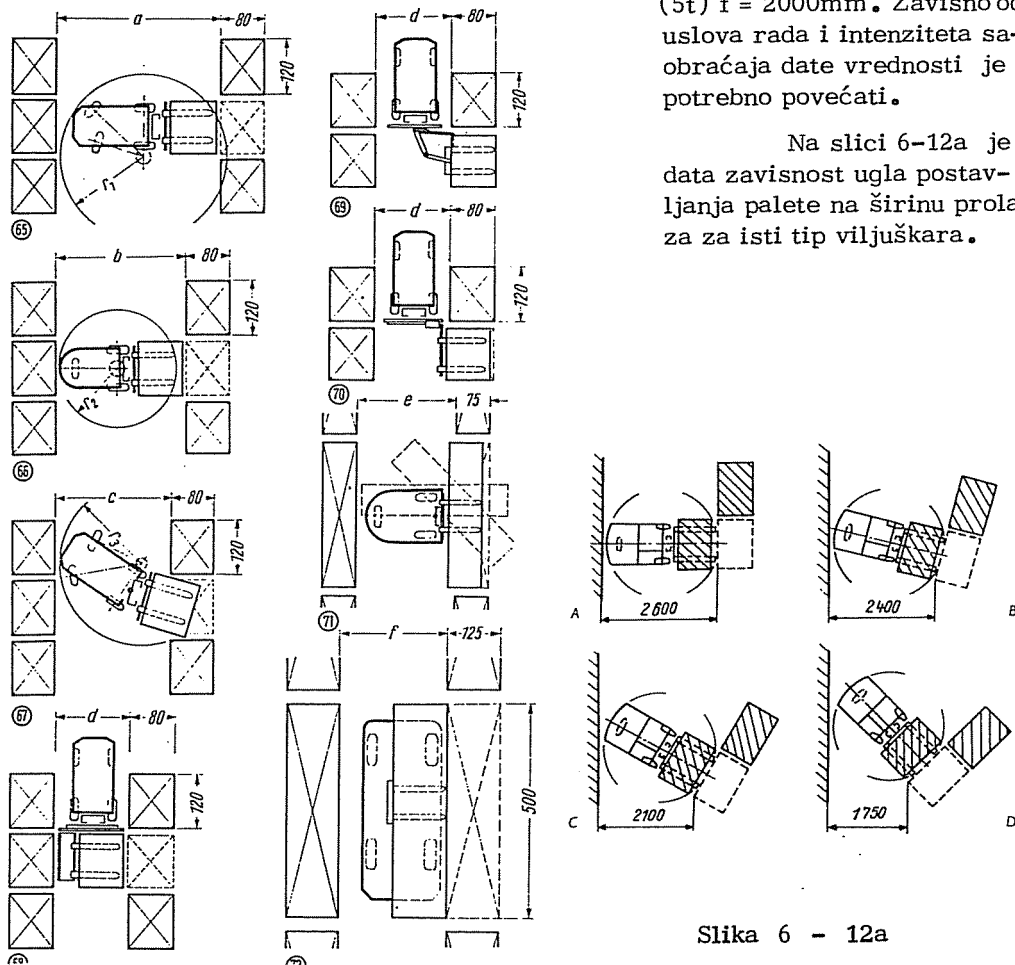
Slika 6 - 11

Širina saobraćajnice potrebna za opsluživanje radnog mesta ili manipulaciju robom u skladištu zavisi od dimenzija tereta, tipa i nosivosti viljuškara. Na slici 6-12 je prikazan uticaj konstrukcije višljuškara (od klasičnog viljuškara sa četiri točka do viljuškara sa okretnom glavom) na širinu prolaza (a - d) pri manipulaciji standardnom evropskom paletom (800

x 1200 mm) i bočnih viljuškara pri transportu dugačkih tereta (e - f). Pojedine vrednosti za širine saobraćajnica se uzimaju iz prospekta proizvođača, a za približne proračune mogu da koriste sledeći podaci min. vrednosti (za

viljuškar novisovisti 1t): $a = 3000\text{mm}$; $b = 2600\text{mm}$ i $d = 1700\text{mm}$. Za bočni viljuškar (5t) $f = 2000\text{mm}$. Zavisno od uslova rada i intenziteta saobraćaja date vrednosti je potrebno povećati.

Na slici 6-12a je data zavisnost ugla postavljanja palete na širinu prola za za isti tip viljuškara.



Slika 6 - 12a

6.2. Postavljanje opreme

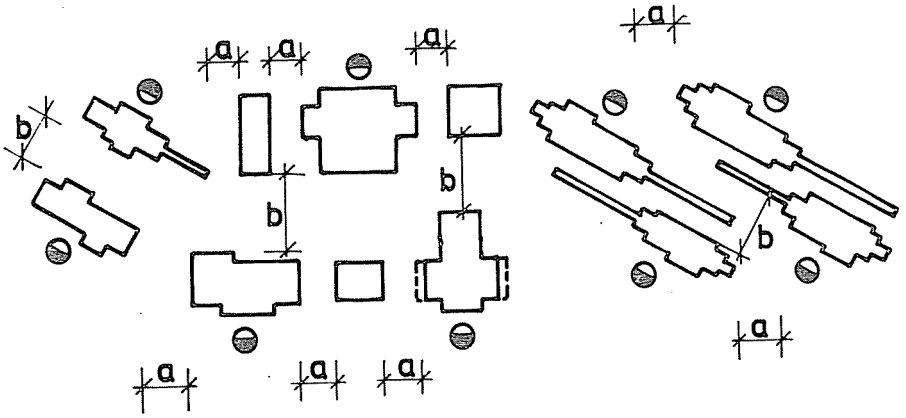
U tablici 6-2 su dati normativi za postavljanje alatnih mašina (v. slike 6-13 do 6-19). Rastojanje između mašina ne uzimaju u obzir površine za postavljanje uređaja za transport i odlaganje delova, alata i pribora pored mašina. Veličina radne zone iznosi minimum 800 mm.

Tablica 6-2

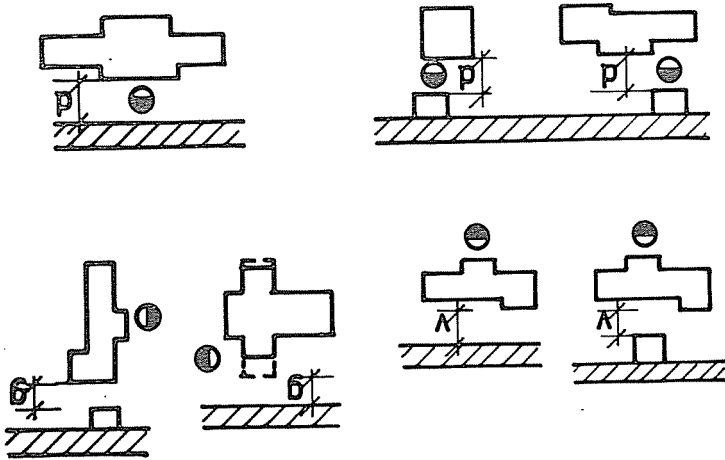
R A S T O J A N J E (mm)		Male mašine ga - barita do 1500x750 mm	Mašine gabarita od 1500 x 750 do 3500 x 2000	Velike mašine	
				Gabarita od 3500x x 2000 do 5000 x x 3000	Gabarita od 5000x x 3000 do 10000 x x 5000
Između mašina po dužini a;		400	600	800	1200
Između zadnjih strana mašina - b;		400	500	700	1000
Od zida do (sl.6-14)	Zadnje strane mašine - v	400	500	700	800
	Bočne strane mašine - g	400	500	700	800
	Prednje strane mašine - d	900	1200	1200	1500
Od stuba do (sl.6-15)	Zadnje strane mašine - e	400	500	700	800
	Bočne strane mašine - ž	400	500	600	800
	Prednje strane mašine - z	800	900	1000	1200
Rastojanje između mašina pri postavljanju upravno na prolaz	Viševratni automatski strugovi - i; sl. 6-16		1300 - 1500		
	Jednovratni automatski strugovi i revolver strug - k; sl. 6 - 16		1000 - 1200		
	Ostale mašine	1 - sl. 6 - 17	800	900	1200
		m - sl. 6 - 17	1600	1600	-
	Dve maš. opslužuje 1 radnik - n - sl. 6-17		800	900	-

Napomena: - Sva data rastojanja su minimalna.

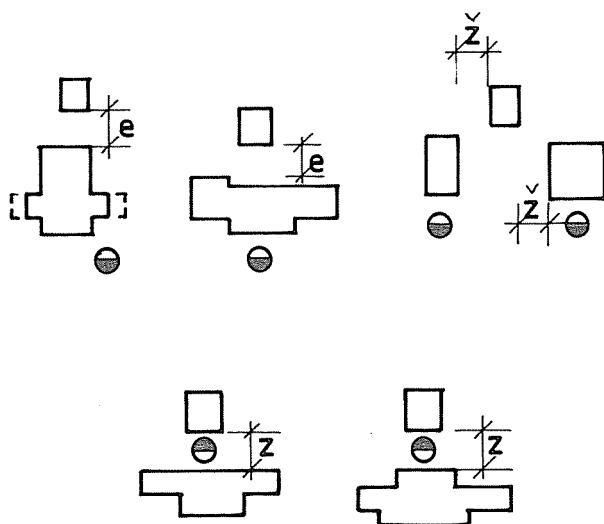
- Rastojanja između mašina ne uzimaju u obzir površine za postavljanje uređaja za transport i odlaganje delova pored mašina.
- Sva rastojanja su data od krajnjih položaja pokretnih organa mašina.



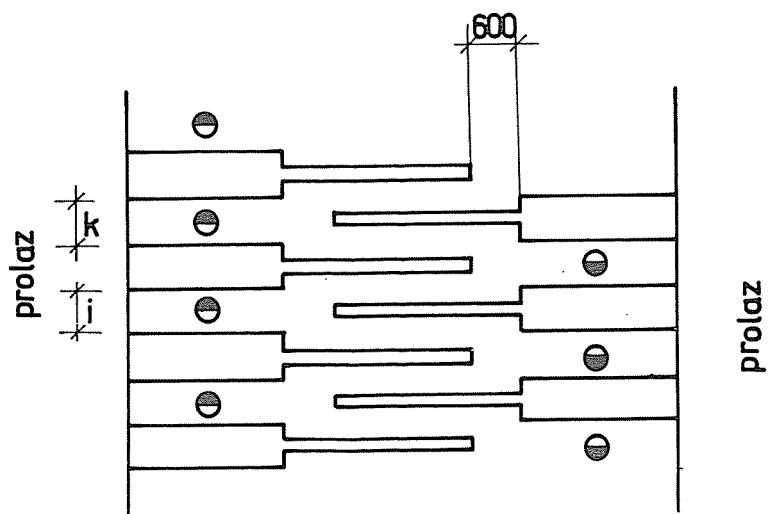
Slika 6 - 13



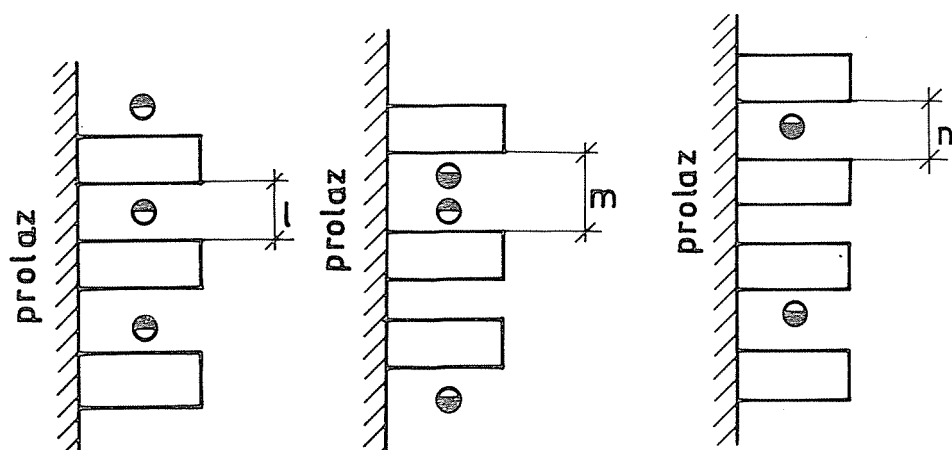
Slika 6 - 14



Slika 6 - 15



Slika 6 - 16



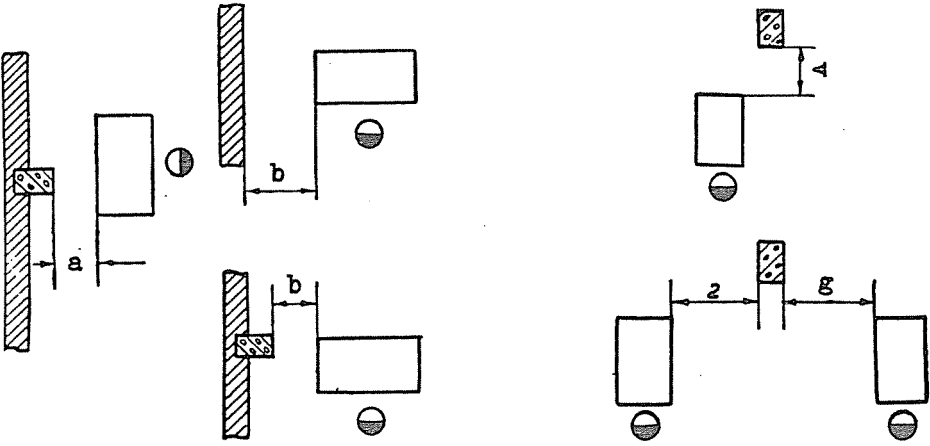
Slika 6 - 17

Normativi za postavljanje ostale proizvodne i pomoćne opreme su dati u tablici 6-3 (v. slika 6-18).

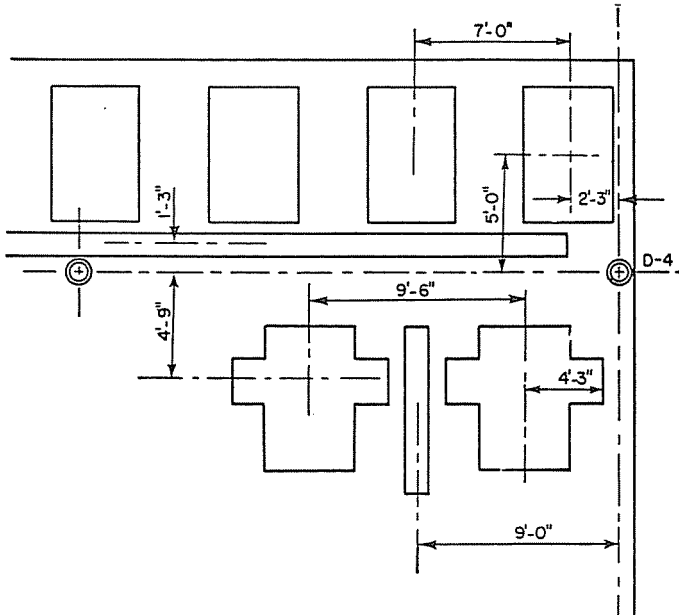
Tablica 6-3

Gabarit opreme u (mm)	Rastojanje od zida do (sl. 6-18)		Rastojanje od stuba do (sl. 6-18)	
	Zadnje strane mašina (a) u (mm)	Bočne strane mašine (b) u (mm)	Zadnje strane mašine (v) u (mm)	Bočne strane mašine (g) u (mm)
do 1500 x 1000	600	600	600	600
do 4000 x 3500	800	700	800	700
do 8000 x 6000	1000	1000	800	800
preko 8000 x 6000	1000	1100	900	900
Peći, sušare itd.	1000	900	1000	900

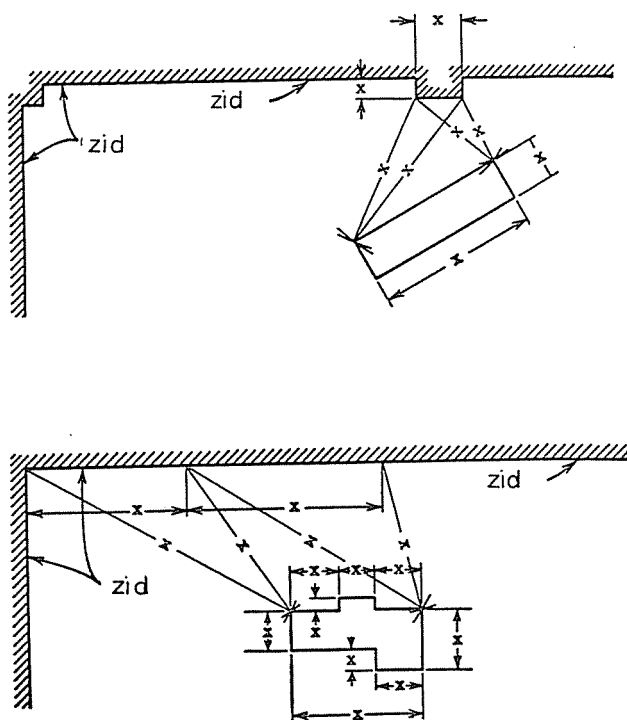
Na slici 6-19 je dat primer kotiranja položaja pojedine opreme u odnosu na stubove objekta kod idejnih projekata. Slika 6-20 prikazuje neophodne kote u glavnom projektu. Izvodjački crteži moraju da sadrže kote koje odredjuju položaj temeljnih zavrtnjeva opreme.



Slika 6 - 18



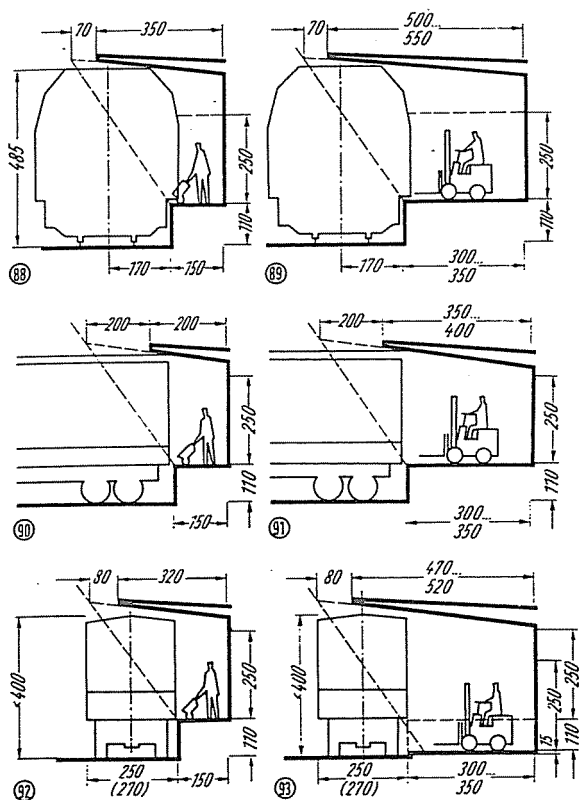
Slika 6 - 19



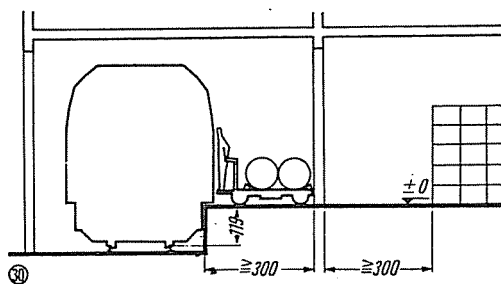
Slika 6 - 20

6.3. Prijemno - otpremne rampe

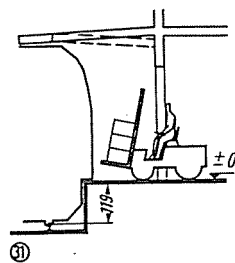
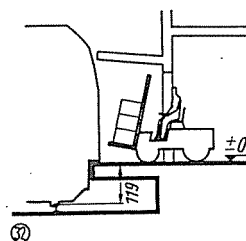
Površine prijemno - otpremnih rampi zavisno od uređaja spoljnog transporta i načina opsluživanja se određuju na osnovu normi za potrebnu širinu rampe (v. slike 6-21 do 6-26; mere su date u cm) i broja pretovarnih mesta (v. poglavlje 10). Pri neravnomernom dovozu i odvozu za određivanje potrebnog broja mesta za pretovar se koriste modeli teorije čekanja ili simulacija /50/.



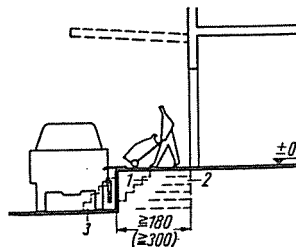
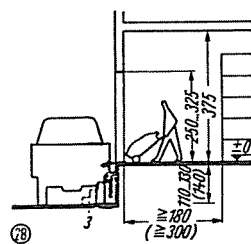
Slika 6 - 21



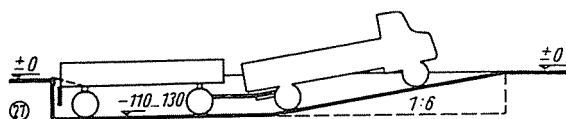
Slika 6 - 23



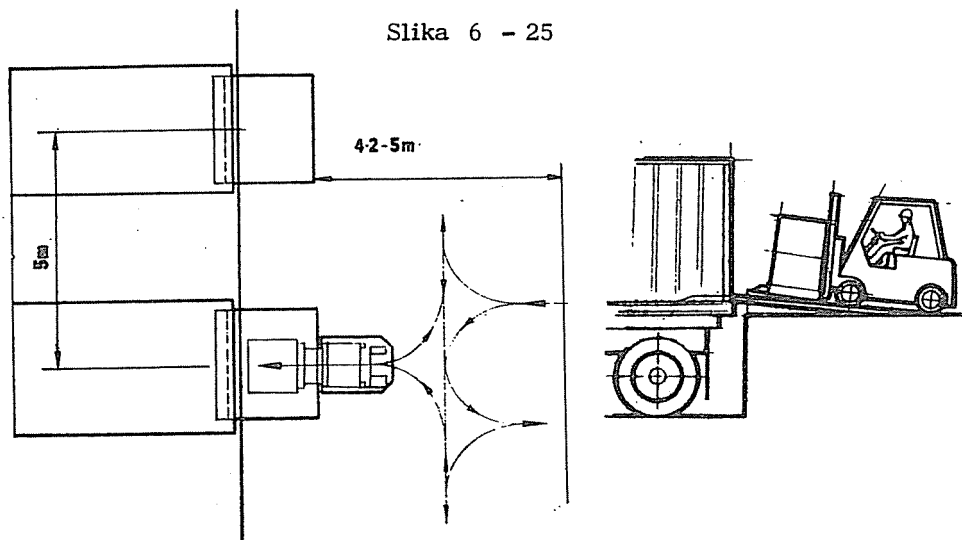
Slika 6 - 22



Slika 6 - 24



Slika 6 - 25



Slika 6 - 26

6.4. Pomoćne površine

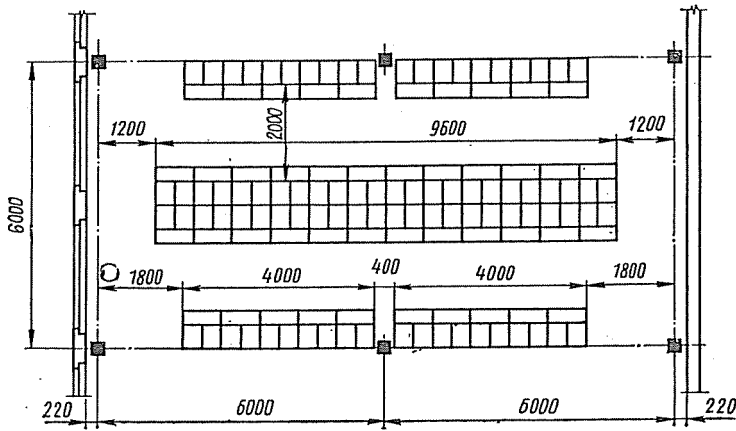
Površine opštih odeljenja i sanitarnih prostorija:

a) Odelenje za ručavanje: 1 m^2 po radniku (prosečno zadržavanje radnika 15-20 min). Za pomoćne prostorije i kuhinju se uzima 20-50% od površine odeljenja za ručavanje.

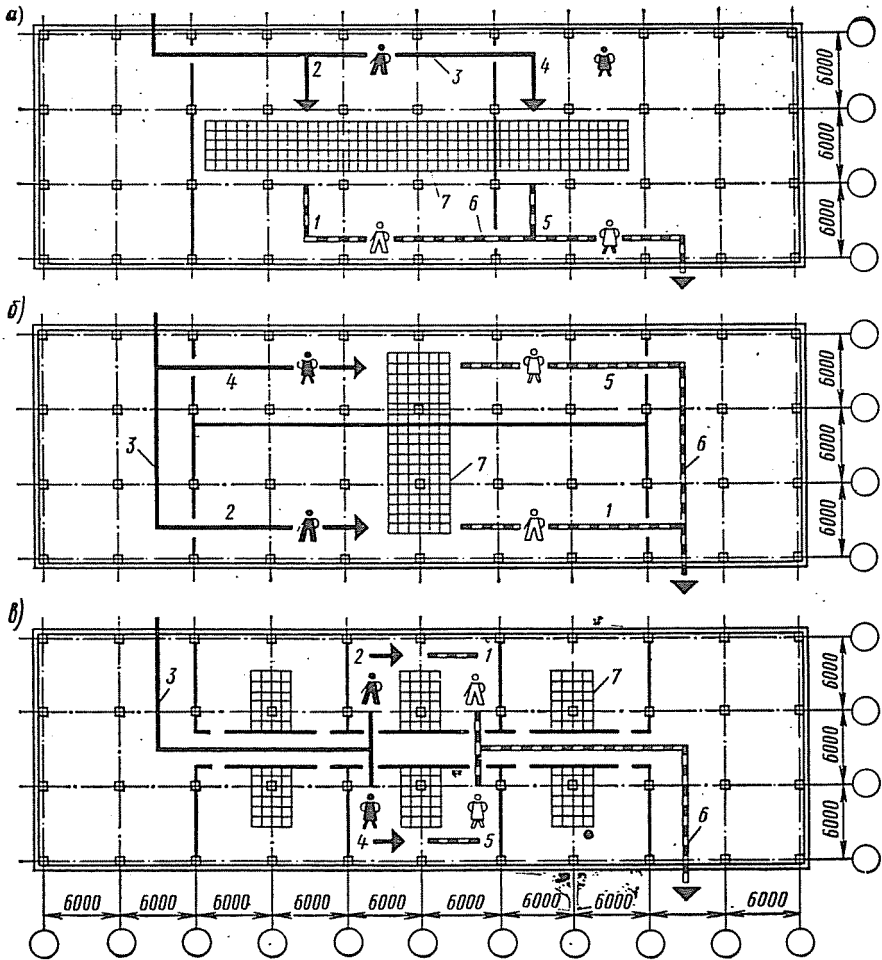
b) Zdravstvena stanica:

- lekarska ordinacija $18 - 20\text{ m}^2$
- čekaonica 20 m^2

c) Garderobe: $0,5\text{ m}^2$ po radniku; dimenzije plakara za smeštaj odeća radnika su $0,4 \times 0,5 \times 1,8\text{ m}$. Na slici 6-27 prikazan raspored opreme u jednoj garderobi, a na slici 6-28 je data šema kretanja radnika i radnica kroz garderobu, u čistoj i zaprljanoj odeći.



Slika 6 - 27

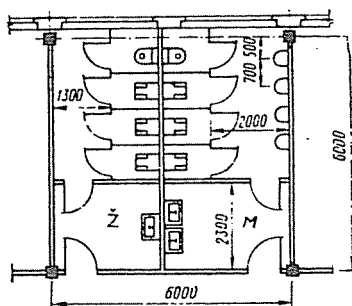


Slika 6 - 28

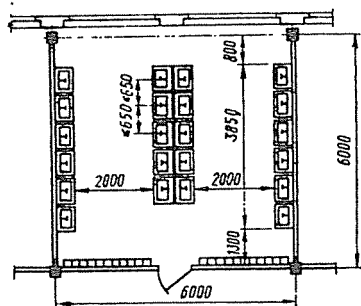
d) Sanitarni objekti:

- WC kabina $1,2 \times 0,8$ m (1 kabina dolazi na 10-15 žena i 20 - 25 muškaraca), slika 6-29,
- pisoar $0,5\text{m}^2$ zajedno sa prolazom (1 pisoar na 20 do 25 radnika),
- tuš kabina $1,0 \times 1,0$ m (1 kabina na 10 radnika), slika 6-30,
- grupni tuševi - površina $0,5\text{ m}^2$ po radniku (1 tuš na 20 radnika),
- umivaonik, dimenzije $0,5 \times 0,4$ m, dolazi na 5 radnika, sl.6-31.

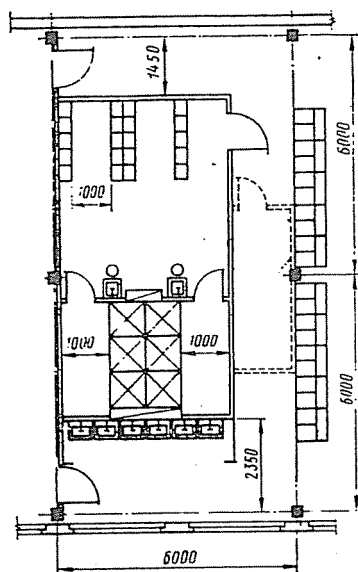
e) Kancelarije. Površina prostorije predviđene za obavljanje administrativnih poslova mora iznositi najmanje 3 m^2 po jednom zaposlenom radniku, a površina prostorije predviđene za konstrukcioni biro mora iznositi najmanje 5 m^2 po jednom radnom stolu odnosno tabli za crtanje. Visina tih prostorija ne sme biti manja od 2,5 m.



Slika 6 - 29



Slika 6 - 31



Slika 6 - 30

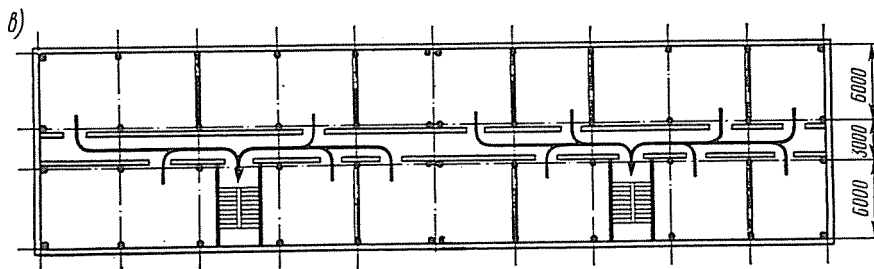
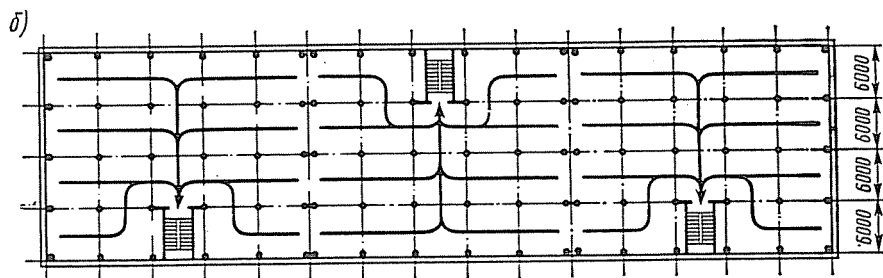
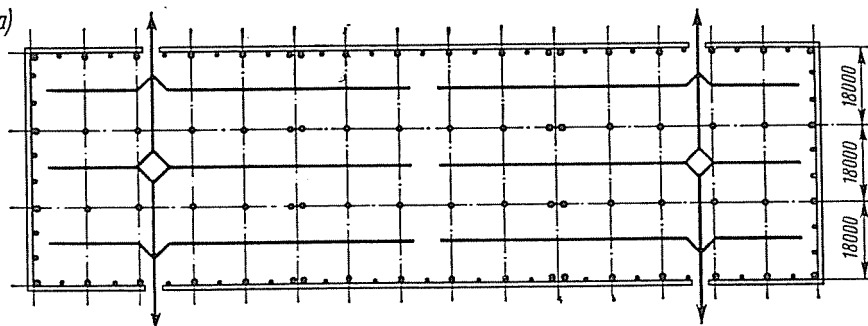
6.5. Evakuacija radnika

Raspored i broj izlaznih vrata na prizemnim građevinskim objektima treba, po pravilu, da budu takvi da odstojanje između najudaljenijeg radnog mesta i najbližeg izlaza ne bude veće od 50 m.

Kod višespratnih građevinskih objekata raspored i broj izlaznih vrata treba, po pravilu, da budu takvi da odstojanje između najudaljenijeg

radnog mesta i najbližeg izlaza na stepenište ne bude veće od 30 m.

Gradjevinski objekti dužine do 30 m i sa više od 3 sprata, moraju imati najmanje dva dovoljno udaljena stepeništa, od kojih se jedno koristi u slučaju opasnosti. Stepeništa moraju imati izlaze koji vode u slobodan prostor. a)



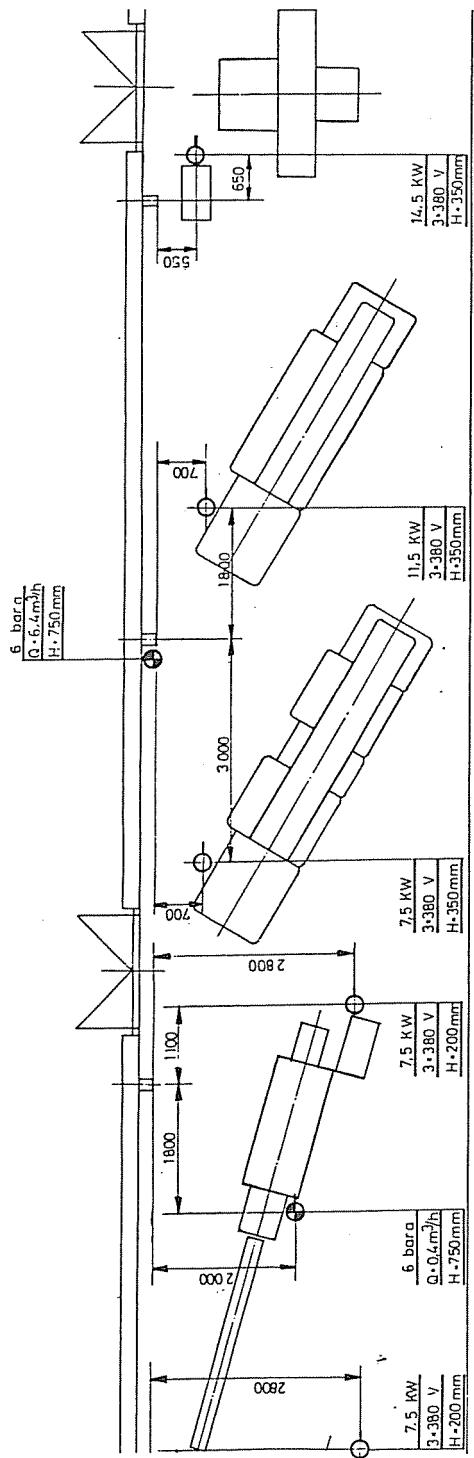
Slika 6 - 32

6.6. Primeri izvodjenja dispozicionog plana

U ovom poglavlju su navedeni primerci formiranja dispozicionog plana za nekoliko karakterističnih tipova layout-a:

- A. Mašinska radionica jedne male fabrike. Rasporedom mašina prema procesu (slika 6-33) /26/.
- B. Linija za montažu kamionskih i poljoprivrednih prikolica nosivosti do 16 t (1. faza) sa postrojenjem za površinsku zaštitu. Raspored radnih mesta prema proizvodu. Rešenje layout-a je nametnuto ograničenjima postojeće zgrade (slika 6-34) /25/.
- C. Centralno skladište za čuvanje komponenti i gotove robe. Opsluživanje zone regala je predviđeno pomoću specijalnih viljuškara sa okretnom glavom (slika 6-35) /34/.
- D. Skladište gotovih delova i gradje za proizvodnju drinskih vozila. Izbor rešenja je nametnut sledećim ograničenjima: raznovrsnim asortimanom robe, lokacijom, raspoloživom površinom i položajem koloseka (slika 6 - 36) /31/.

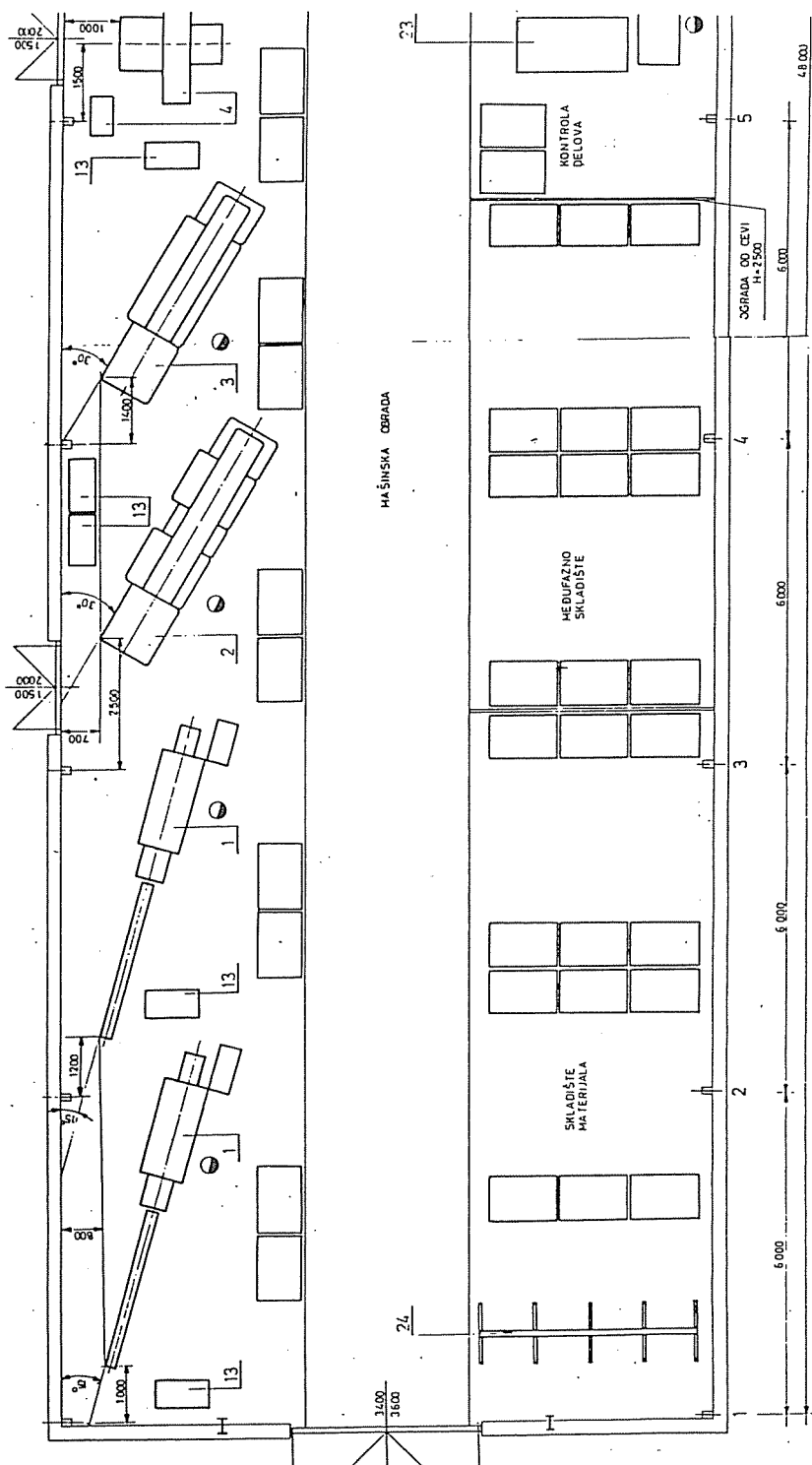
Na slici 6 - 37 je dat primer dispozicionog plana jednog fabričkog postrojenja. Prikazano je postrojenje za pripremu peska za oblaganje (za izradu jezgara po Schell postupku) HC 2000, kapaciteta 2 t/h. Projekat je izrađen za potrebe jedne livnice u okolini Beograda /37/, /38/.



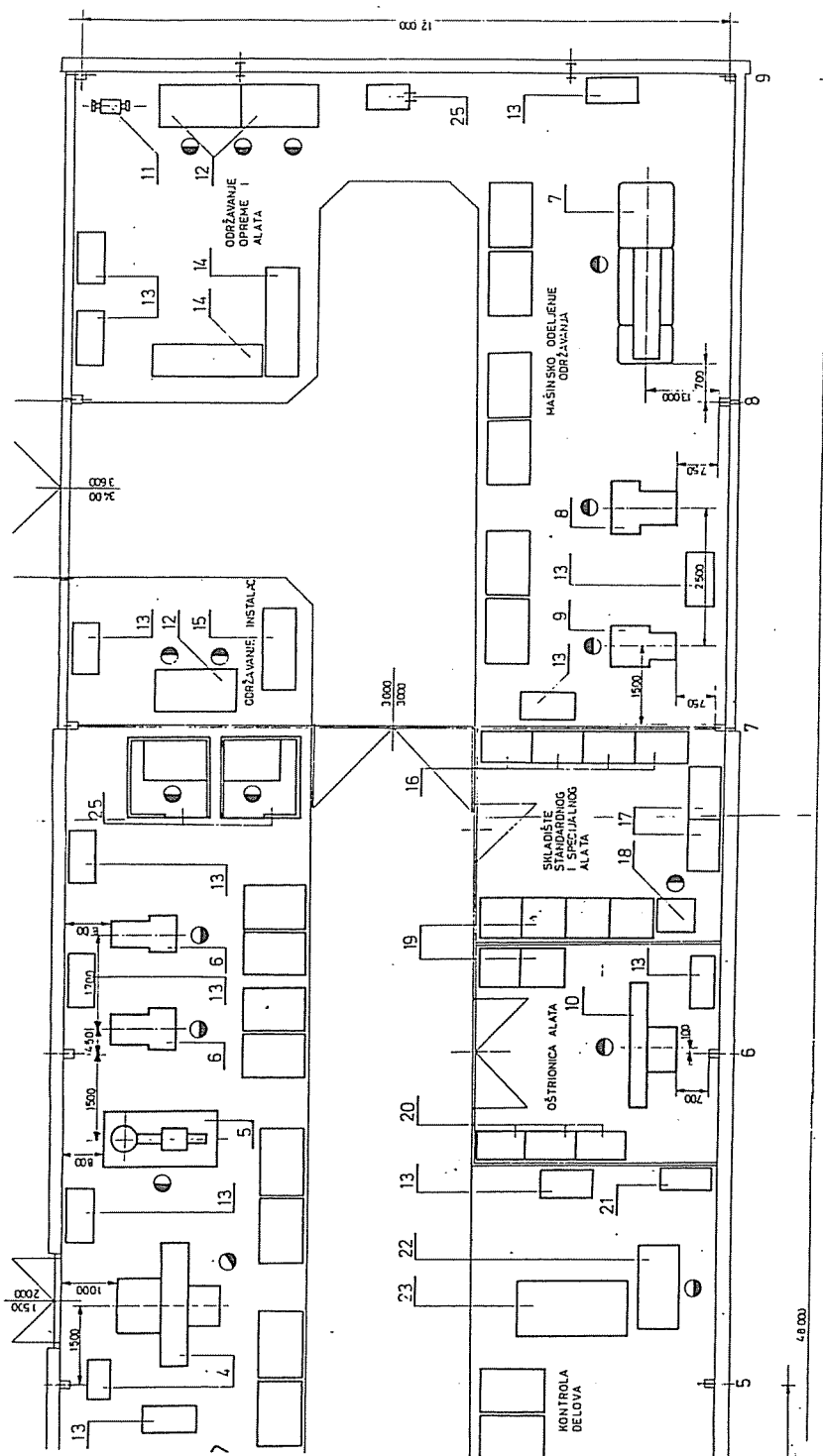
Slika 6,33 a

LEGENDA:

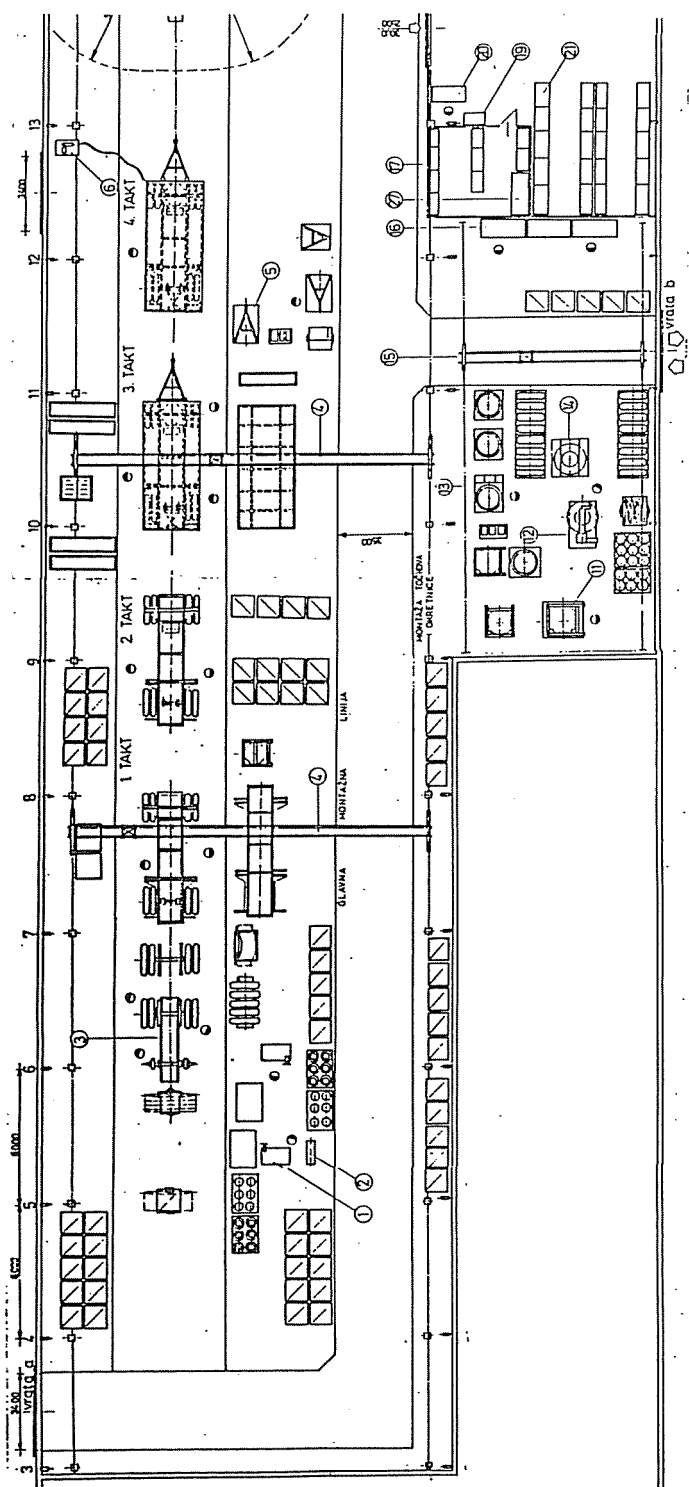
- ⊕ električna energija
- ⊖ komprimovani vazduh



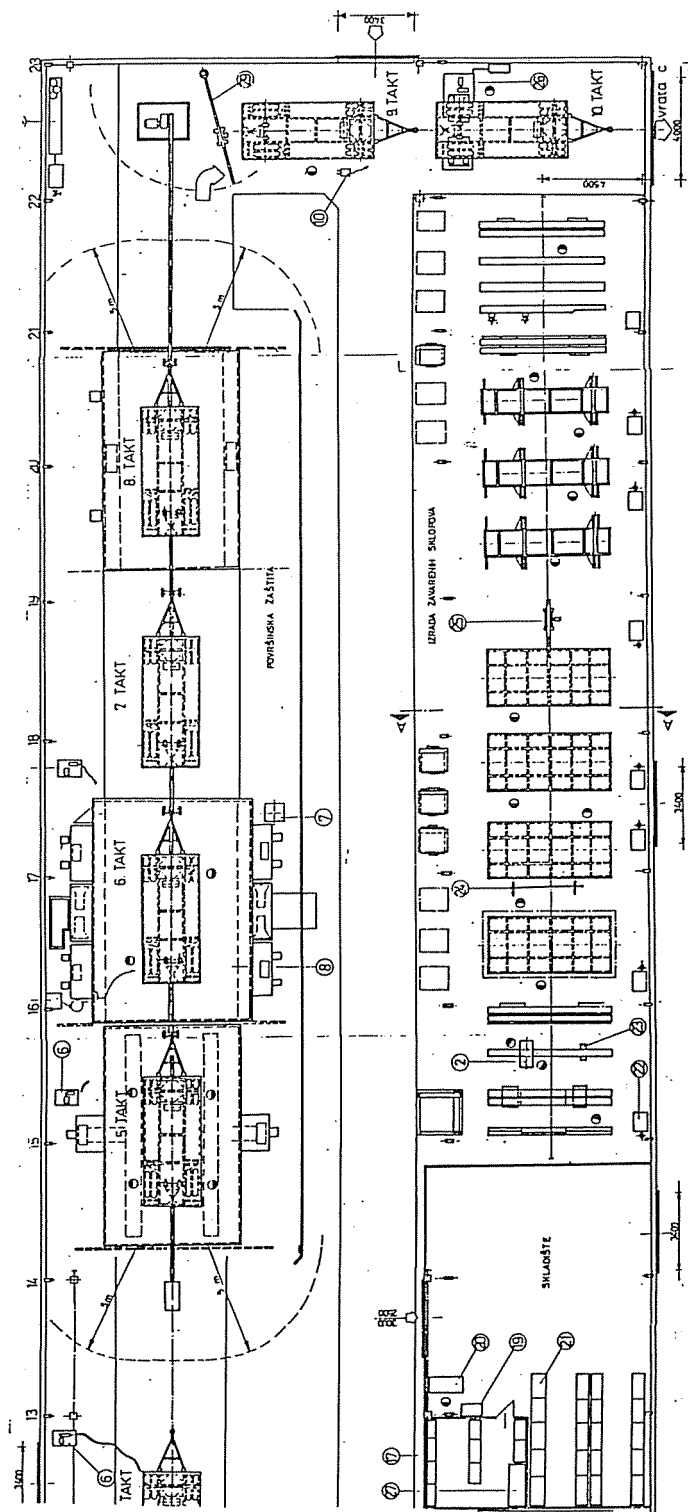
Slika 6 - 33



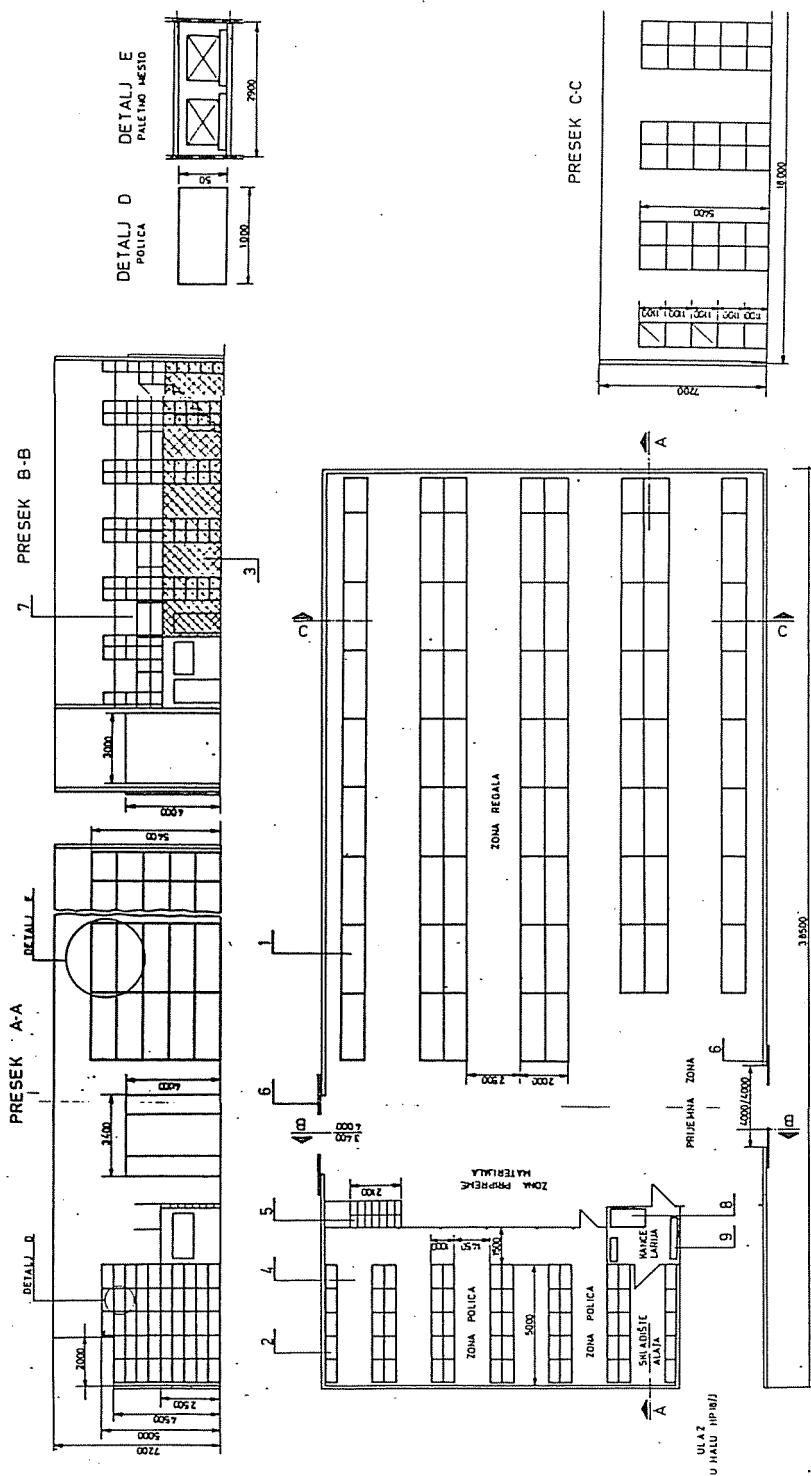
Nastavak slike 6 - 33



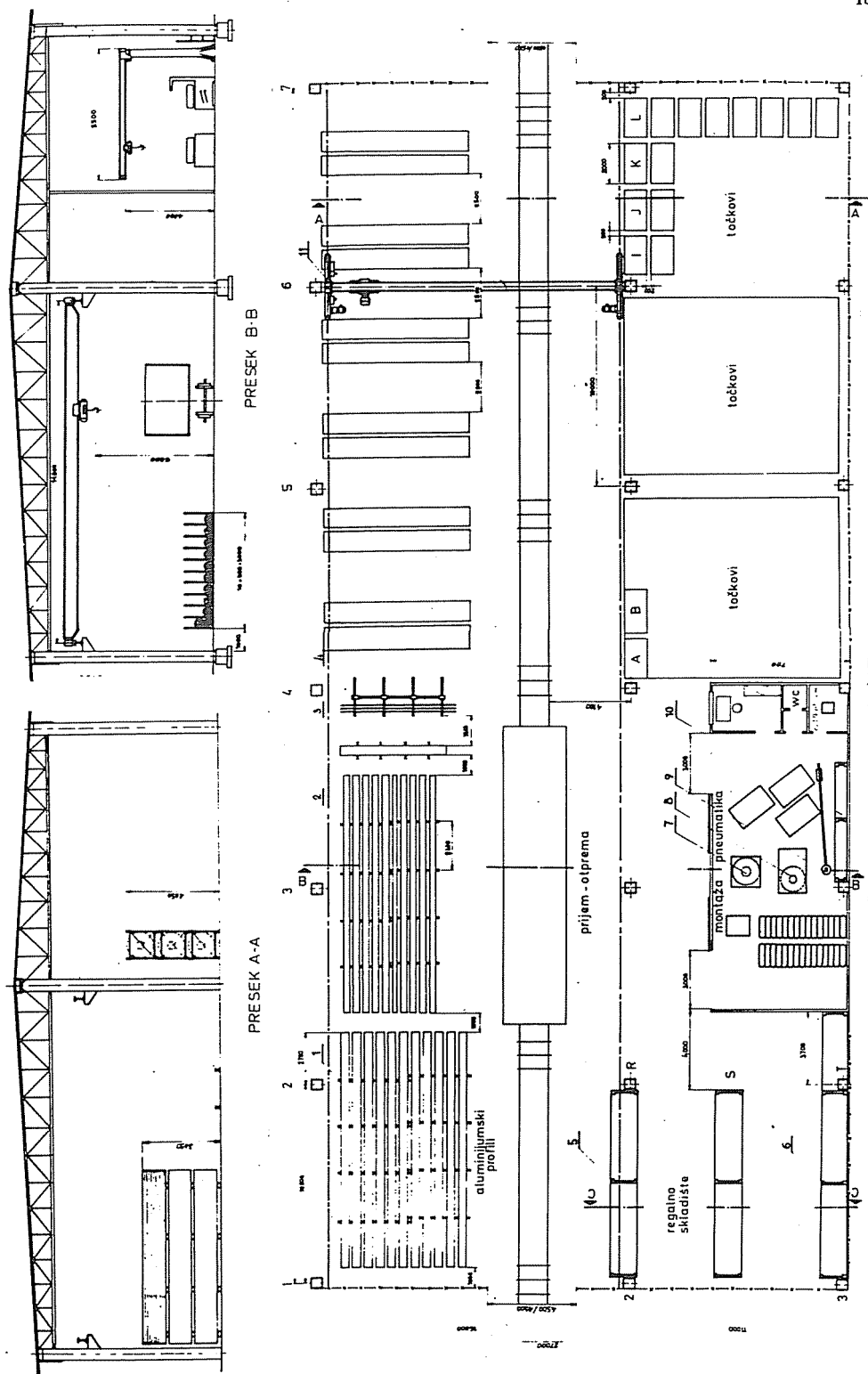
Slika 6 - 34



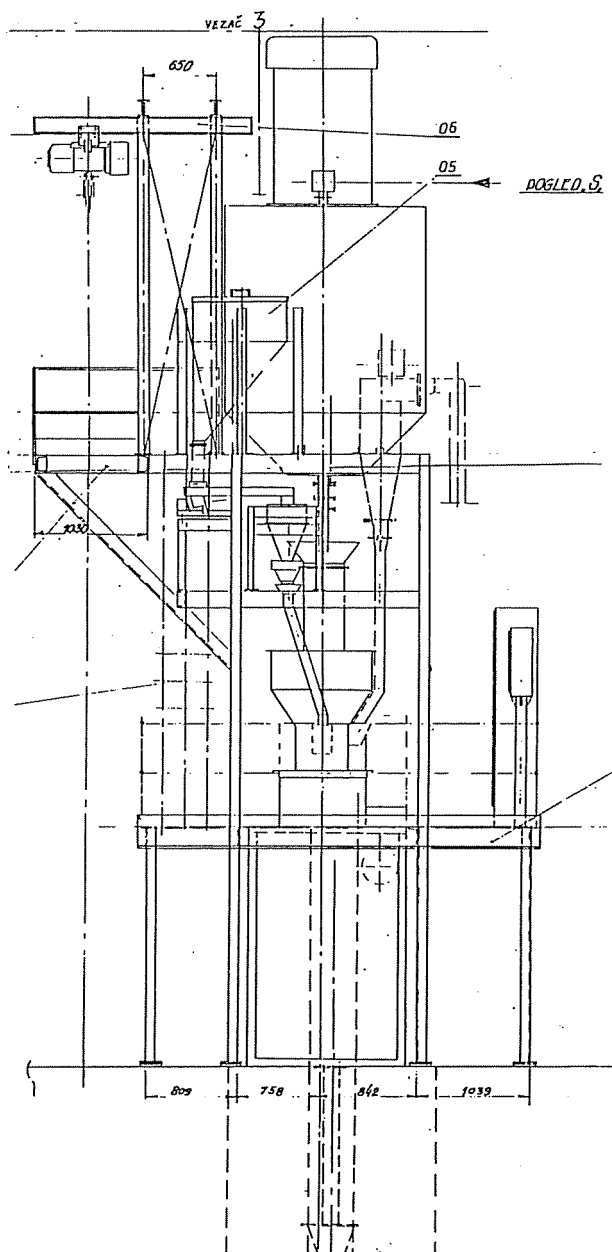
Nastavak slike 6 - 34



Slika 6 - 35



Slika 6 - 36



Nastavak slike 6 - 37

7. SNABDEVANJE ENERGIJOM

U fabrikama i fabričkim postrojenjima se upotrebljavaju različite vrste energije, kao što su: elektroenergija, komprimovani vazduh, čvrsto, tečno i gasovito gorivo, para, topla i hladna voda, acetilen, kiseonik itd. Energija se troši u različitim količinama, prema režimu potrebe, koji zavisi od primenjenog tehnološkog procesa u proizvodnji.

Šema snabdevanja energijom zavisi od sledećih faktora:

- potrebne vrste energije i načina iskorišćenja pojedinih nosioca energije,
- potrebne količine energije različitih vrsta i odnosa medju tim količinama,
- postojanja drugih energetske postrojenja u preduzeću, njihove vrste i broja, kapaciteta i mogućnosti njihovog učestvovanja u energetskom bilansu pogona, i
- postojanje ili mogućnosti uspostavljanja veze sa spoljnim izvorima za snabdevanje energijom.

Izbor optimalne šeme snabdevanja energijom određuje se na osnovu tehničko ekonomskih uporednih analiza različitih varijanti energetskog rešenja, koja baziraju na razradjenim stvarnim potrebama u energiji (svih vrsta), na mogućnosti ostvarivanja veze sa spoljnim izvorima energije i na izgradnji novih, ili korišćenju već postojećih lokalnih energetskih postrojenja.

U tablici 7-1 su dati osnovni izvori različitih vrsta energije koji se koriste u industrijskim postrojenjima.

7.01. Energetske karakteristike proizvodnih procesa

Osnovne tehnološke procese i operacije u industriji, u kojima se primenjuju različite vrste energije, možemo podeliti na sledeće grupe:

- I. Procesi i operacije vezani za obradu metala i polufabrikata, kao i njihov transport.
- II. Elektrohemijski procesi.
- III. Visokotemperaturni procesi - vrše se na temperaturama preko 500°C.
- IV. Srednjetemperaturni procesi - vrše se na temperaturama od 100 - 500°C.

V. Niskotemperaturni procesi - vrše se na temperaturama do 100°C.

VI. Pomoćni procesi - za opsluživanje osnovne proizvodnje.

U tablici 7-2 su date karakteristike osnovnih energetsko-tehnoloških procesa, po grupama.

Tablica 7-1

Vrsta energije	Šema snabdevanja energijom	
	Centralizovano	Individualno (lokalno)
Električna	Gradska mreža	Fabrička termoelektrana
Toplotna	Gradska toplana	Kotlarnica; iskorišćenje otpadne toplote
Gas-prirodni; proizvedeni; otpadni (za peći i kotlove)	Gasovod	Gasogeneratorska stanica; otpadni gasovi iz tehnološkog procesa
Acetilen	Snabdevanje gasa sa bocama	Acetilenska stanica
Tečno gorivo (mazut)	Snabdevanje kod proizvođača	
Čvrsto gorivo (ugalj i dr.)	Snabdevanje kod proizvođača	Otpad iz tehnološkog procesa
Para	Parovod	Kotlarnica
Komprimovani vazduh		Kompresorska stanica
Voda	Vodovod	Pumpna stanica za vodu

Tablica 7-2

Procesi Grupe	Proizvodne potrebe	Nosioci energije
I	Električni pogon, pneumatski pogon, parni pogon	Električna energija, komprimovani vazduh, para
II	Elektrolitičko pokrivanje metalnih površina	Električna energija, toplotna energija, voda
III	Topljenje metala, termička obrada metala, elektrozavarivanje, površinsko kaljenje, zagrevanje itd.	Električna energija, normalne i povećane frekvencije, goriva svih vrsta
IV	Zagrevanje, sušenje	Električna energija, goriva svih vrsta, para, topla voda
V	Zagrevanje	Topla voda
VI	Osvetljenje, grejanje, ventilacija, kondicioniranje vazduha, automatizacija, signalizacija i daljinsko upravljanje	Električna energija, topla voda, para, komprimovani vazduh

Tablica 7 - 3

Naziv radio-nice	TEHNOLOŠKI PROCES	Električ. energija	Para 4-6 atm	Topla i hladna voda	Komp. rim. vazd.	Gas	Čvrsto i tečno gorivo
Mašinska obrada	Obrada na mašinama za obradu metala rezanjem	+	-	+	+	-	-
Termička obrada	Kalenje, otpuštanje, cementacija, žarenje, normalizovanje, nitriranje itd.	+	-	+	+	+	+
	Priprema za površinsku zaštitu (odmašćivanje, pranje, poliranje, nagrivanje kiselinama)	+	+	+	+	-	-
Površinska zaštita	Površinska zaštita elektrolitskim putem (niklovanje, hromiranje, cinkovanje, bakarisanje itd.)	+	+	+	+	-	-
	Obrada površine posle zaštite (sušenje, poliranje, pranje itd.)	+	-	+	+	+	-
Hladno presovanje	Presovanje polufabrikata od lima	+	-	+	+	+	-
Bojenje sušenje	Bojenje i sušenje delova i gotovih proizvoda	+	+	+	+	-	-

U tablici 7-3 su date energetske-tehnološke šeme osnovnih procesa u mašinogradnji. U ovoj tablici se vidi kojim nosiocima energije je moguće opsluživati proizvodne procese nekih odeljenja i radionica.

Proračun ukupne potrošnje energije u jednoj radionici može da se vrši na dva načina:

a. Potrošnja energije se računa po operacijama za svaki deo jednog proizvoda. Dobijene vrednosti se unose u tablicu 7-4. Iz tablica, koje se sastavljaju za sve proizvode, dobijaju se sledeći podaci:

- obračun ukupne potrošnje energije za odeljenje - podatak potreban za projektovanje razvodne mreže i postrojenja za snabdevanje energijom,

- uticaj potrošnje energije na formiranje cene proizvoda;

Tablica 7-4

Pregled potreba i potrošnje							Lista br.	
Naziv proizvoda:				Naziv sklopa:			Pozicija:	
Operacije	Mašina uredjaj	Odeljenje	Elekt. energija	Komp. rimov. vazduh	Para	Acetilen	Voda	Primedba
1	2	3	4	5	6	7	8	9

b. Na osnovu instalisane opreme, odnosno potrošača i njihovog režima rada se izvodi proračun po tablici 7-5, za svako odeljenje. Potrošnja se svodi na jedinicu vremena (čas). Dobijenu ukupnu potrošnju (zbir potrošnje pojedinih mašina i uredjaja) treba korigovati uzimajući u obzir stepen jednovremenosti potrošnje i vreme rada u toku smene.

Tablica 7-5

Spisak potrošača:							Lista br.	
Red. br.	Naziv potrošača	Odeljenje	Elektr. energija	Komp. rimov. vazduh	Para	Acetilen	Voda	Primedba
1	2	3	4	5	6	7	8	9

7.02. Snabdevanje električnom energijom

Fabrike se uglavnom snabdevaju električnom energijom iz opšte mreže visokog napona. U transformatorskoj stanici, koja je smeštena u krugu fabrike, električna energija visokog napona pretvara se u električnu energiju nižeg napona. U slučaju kada nije moguće da se obezbedi priključak na opštu električnu mrežu potrebno je izraditi lokalnu elektranu.

Električna energija se koristi u proizvodnim i pomoćnim odelenji - ma za napajanje sledećih potrošača: elektromotora, elektropeći, u elektro - hemijskim procesima, za osvetljavanje itd. Najčešće se koriste normalni na - poni 220 V i 380 V, učestanosti 50 Hz.

Godišnja potrošnja električne energije se određuje na osnovu po - dataka o broju postavljenih potrošača svih vrsta, njihove instalisane snage i efektivnom fondu časova rada. Ovaj proračun se izvodi po tablici 7-6.

Tablica 7-6

Pozicija	Potrošač električne energije	Instali- sana snaga (kW)	Broj motora	Proseč- na sna- ga (kW)	Prosečna potrošnja električne energije po smenama		
					I	II	III
1	2	3	4	5	6	7	8

Transformatorska stanica i razvodna mreža se dimenzionišu pre - ma ukupnoj instalisanoj snazi (ukupna snaga svih postavljenih potrošača) i stepenu jednovremenosti potrošnje G_z . Stepenn jednovremenosti potrošnje je izražen odnosom opterećenja u špicevima i ukupne instalisane snage.

$$G_z = \frac{P_m}{\sum P_i}$$

gde je:

P_m - najveće jednovremeno opterećenje (kW)

$\sum P_i$ - ukupna instalisana snaga (kW)

U tablici 7-7 su date prosečne vrednosti koeficijenta jednovremenosti za pojedine uredjaje.

Tablica 7-7

Elektro - potrošač	G_z
- Ventilatori u sistemu provetravanja i grejanja	0,7
- Pumpe, kompresori	0,8
- Dizalice, pri režimu rada TR 25%	0,1
- Dizalice, pri režimu rada TR 40%	0,2
- Elevatori, transporter, konvejeri	0,5 - 0,6
- Transformatori za uredjaje za zavarivanje	0,35
- Mašine za zavarivanje	0,2 - 0,4
- Automati za zavarivanje	0,5
- Elektropeći, sušare	0,8
- Mašine alatke	0,2 - 0,3

Prosečni stepen jednovremenosti potrošnje za linijsku proizvodnju, iznosi 0,6 – 0,8, a za radionice sa malim stepenom mehanizovanosti 0,3 – 0,5.

Na slikama 7-1 do 7-3 su prikane mogućnosti izvodjenja donjeg razvoja kablova za napajanje mašina (kroz specijalne blokove, podignutu konstrukciju poda i kanale u podu). Slike 7-4 i 7-5 prikazuju napajanje mašina električnom energijom preko gornjeg (šinskog) razvoda.

7.03. Snabdevanje toplotnom energijom

U radionicama se koristi toplotna energija u vidu pare i tople vode, za proizvodne potrebe, grejanje, ventilaciju i sanitarno-tehničke potrebe. Snabdevanje toplotnom energijom se vrši iz mreže energetskog sistema (gradska toplana), ili iz fabričke kotlarnice, Karakteristike pare, pritisak i temperatura, kao i potrebna količina se odredjuju na osnovu proizvodnog procesa i postavljenih potrošača. Na osnovu tih parametara se vrši izbor i proračun kotlovskih postrojenja, razvodne mreže i odgovarajuće armature.

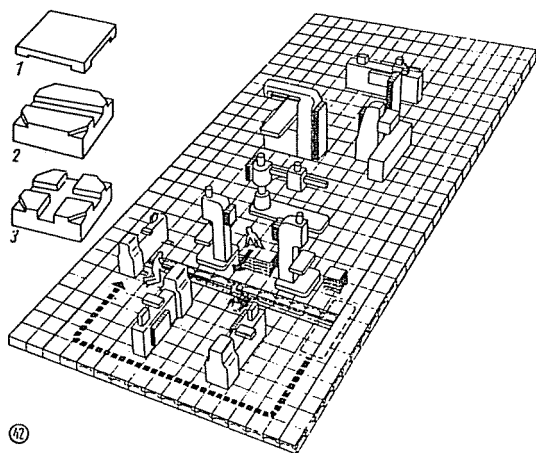
Prosečna časovna potrošnja pare po 1 t proizvoda u mašinogradnji iznosi 0,1 – 0,2 kg. Prosečna potrošnja tople vode je data u tablici 7-8.

Tablica 7-8

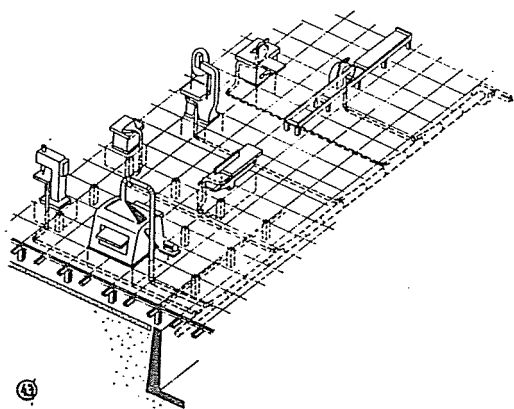
	Jedinica mere	Temperatura vode u °C	Potrošnja vode (lit)
Opšte potrebe	1 zaposleni	40	15
Kupatilo sa tuševima	1 radnik	40	45
Pranje prostorija u upravnim zgradama	m ²	35-40	0,4-0,6
Pranje sudova u kuhinjama - ručno	1 obrok	45	7
Pranje sudova u mašini	1 obrok	95	3-5

7.04. Komprimovani vazduh

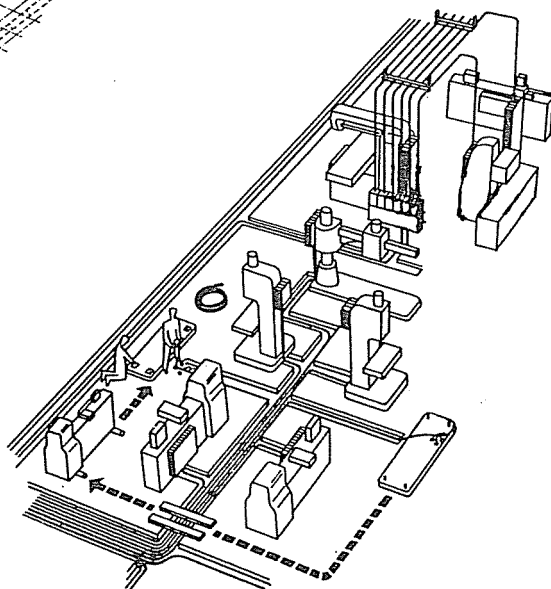
U radionicama se komprimovani vazduh koristi za pogon i opsluživanje pojedinih mašina i uređaja. Pogon komprimovanim vazduhom imaju: pneumatske prese, pneumatski alati, pneumatske dizalice, pneumatski stezači itd. Primenjuje se za produvanje delova posle pranja, čišćenje delova i sklopova u toku montaže, sušenje proizvoda pre površinske zaštite, čišćenje mašina od strugotine itd. Komprimovani vazduh se proizvodi u kompresorskom postrojenju i razvodi cevnom mrežom do pojedinih potrošača. Kompresorsko postrojenje (kompresorska stanica) se postavlja u posebnu prostoriju i pri tome se teži da bude što bliže glavnim potrošačima. Ovo postrojenje treba da bude tako dimenzionisano da svakom potrošaču obezbedi



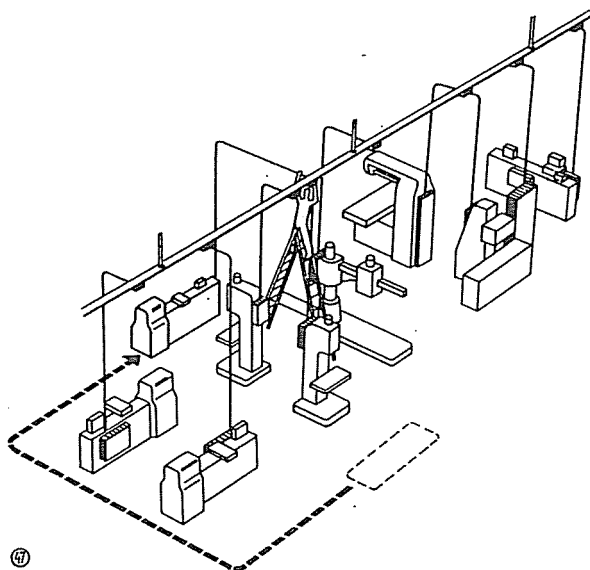
Slika 7 - 1



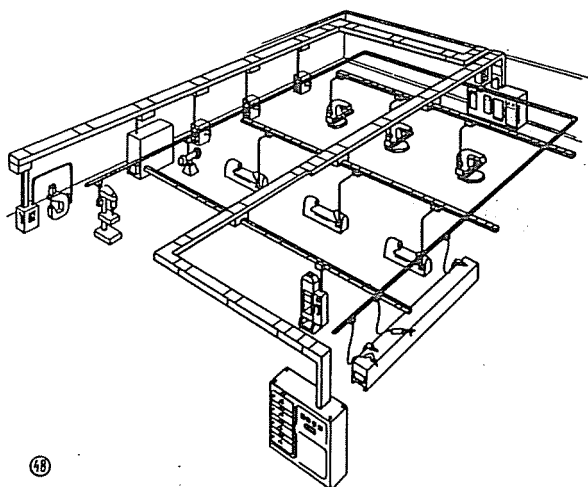
Slika 7 - 2



Slika 7 - 3



Slika 7 - 4



Slika 7 - 5

potrebnu količinu vazduha sa odgovarajućim karakteristikama (pritisak i temperatura). Ukoliko je u radionicama potreban sabijeni vazduh različitih pritiska, kompresorska stanica mora da obezbedi najviši pritisak, a na mestima gde je potreban niži pritisak isti se smanjuje postavljanjem redukcionih ventila.

Za proizvodnju komprimovanog vazduha primenjuju se uglavnom klipni i turbokompresori. Klipni kompresori troše 15-20% manje električne energije od turbokompresora, ali pri velikim potrebama u komprimovanom vazduhu, reda 60000 do 100000 m³/h, koriste se turbokompresori, zato što oni zahtevaju znatno manju površinu za postavljanje. Pritisak na izlazu iz stanice je obično za 1 atm veći od pritiska u cevovodu zbog pada napona u mreži komprimovanog vazduha.

Potrošnja komprimovanog vazduha kod mašina i uređaja periodičnog dejstva zavisi od potrošnje vazduha za jednu operaciju (prema vrsti uređaja) i računskog broja operacija koje se obavljaju u toku jednog dana. Ovaj proračun se izvodi po tablici 7-9.

Tablica 7-9

Pozicija	Mašine i uređaji	Broj kom.	Broj uključenja na čas u toku smene			Potrošnja vazduha u toku jednog uključenja (m ³)	Potrošnja vazduha u toku smene (m ³)			Godišnja potrošnja vazduha (m ³)
			I	II	III		I	II	III	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11

Za proračun potrebne količine komprimovanog vazduha kod mašina neprekidnog dejstva se uzima maksimalna potrošnja vazduha, pri čemu se vodi računa o efektivnom radu ovih uređaja. Proračun se izvodi prema tablici 7-10.

Tablica 7-10

Pozicija	Mašine i uređaji	Broj kom.	Potrošnja vazduha pri neprekidnom radu u (m ³ /h)	Trajanje radnog ciklusa u toku smene h			Prosečna potrošnja vazduha u toku smene (m ³)			Godišnja potrošnja vazduha (m ³)
				I	II	III	I	II	III	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11

Prosečno vreme rada za pojedine uređaje je sledeće: komore za čišćenje sačmom pomoću komprimovanog vazduha 4 h, pneumatski uređaji 2 - 3 h, duvaljke 0,5 h, rasprašivači za bojenje 2 - 4 h, itd.

Prosečna potrošnja komprimovanog vazduha (m^3/h) za pojedine potrošače:

- pneumatski alati	2,5 - 5
- pneumatski pribori	2 - 4
- duvaljke (čišćenje mašine od strugotine)	1 - 2
- duvaljke (produvavanje posle pranja delova)	30 - 60
- pneumatske brusilice	40 - 90
- pneumatske dizalice (do 2t); za jedno dizanje (u m^3)	0,2 - 0,6

7.05. Snabdevanje vodom

U fabrikama hladna voda se koristi za životne potrebe (sanitarno čista) i u industrijske svrhe. Voda za životne potrebe (za piće, pripremanje hrane, sanitarije) mora da odgovara sanitarnim propisima. Snabdevanje ovom vodom se vrši iz gradske mreže ukoliko je moguće obezbediti dovoljne količine vode, ili iz sopstvenih bunara, odnosno pumpne stanice i rezervoara.

Voda za industrijske ciljeve mora da ispunjava sledeće uslove: ne sme da bude agresivna za cevovode, ne sme da sadrži mikroorganizme, ne sme da sadrži veliku količinu čvrstih čestica. Izvori za snabdevanje vodom su gradska mreža, (sopstveni bunari, reke, jezera). Na izvorima za napajanje se postavljaju crpne stanice i voda se razvodnom mrežom dovodi do postrojenja. Da se obezbedi sigurno snabdevanje vodom, mreža vodovodne instalacije mora da ima rezervoare za vodu. Iz ovih rezervoara se crpe voda u slučaju prekida, ili nedovoljnog dovoda iz izvora za snabdevanje.

Prosečna potrošnja industrijske vode u mašinogradnji iznosi po 1 t proizvoda 40 - 80 litara po smeni (kod proizvodnje motora sa unutrašnjim sagorevanjem 80 - 120).

Potrošnja vode u kompresorskim stanicama zavisi od kapaciteta kompresora. Za hladjenje 1 m^3 vazduha potrebno je 10 m^3 vode. Da bi se smanjila potrošnja vode, upotrebljavaju se uređaji za recirkulaciju i hladjenje iste, pa se smanjuje potrošnja vode na 1 m^3/m^3 vazduha.

Sanitarno čista (pitka) voda se upotrebljava za piće, kuvanje i sanitarne potrebe. Prosečna potrošnja pitke vode iznosi (svedeno na jednog zaposlenog) u toku jedne smene:

za piće, kuvanje i pranje	20 - 30 lit.
za kupanje, umivanje i ostale sanitarne potrebe	40 - 50 lit.

7.06. Snabdevanje gorivom

Primenjuju se sledeće vrste goriva: prirodni i generatorski gas, tečna i čvrsta goriva.

Prirodni gas je veoma jeftin. Njegova primena omogućuje automatizovanje procesa rada peći, što dovodi do znatno niže cene zagrevanja pri termičkoj obradi, sušenju proizvoda posle bojenja itd. Dovodi se iz opšteg gasovoda srednjeg pritiska. Na ulasku u radionice postavljaju se regulatorske podstanice za održavanje zadatog pritiska.

Generatorski gas je malokaloričan i zato nije pogodan za primenu kod visokotemperaturnih procesa. Cena utrošene energije pri zagrevanju delova u pećima, koje se zagrevaju generatorskim gasom je oko dva puta veća, nego u pećima koje se zagrevaju prirodnim gasom. Proizvodi se u gasogeneratorima.

Tečno gorivo - mazut se čuva u specijalnim rezervoarima. Ovi rezervoari se zagrevaju parom i opremljeni su pumpnom stanicom za napajanje razvodnih cevovoda. Dovozi se u specijalnim cisternama.

Čvrsta goriva - ugalj i koks se čuvaju u posebno izgrađenim skladištima. Dovoze se železnicom, kamionima i brodom - vodenim putem.

Izbor vrste goriva zavisi od proizvodnih zahteva pogona, cene koštanja goriva, mogućnosti nabavke i transportnih troškova. Ukupna godišnja potreba zavisi od potrošnje goriva svih proizvodnih peći, sušara, uređaja za grejanje, itd.

8. FABRIČKE ZGRADE

Pri izboru tipa zgrade i njenih osnovnih parametara, kod projektovanja fabrika, treba da se pridržava postojećih građevinskih normi i propisa.

Pri razradi tehnološkog dela projekta određuju se glavni parametri zgrade: osnovne dimenzije osnove, raspored stubova, položaj brodova (polja) i njihova visina (u poljima gde su postavljene dizalice – visina do gornje ivice dizalične šine). Pri određivanju širine polja (L) treba voditi računa o standardnim rasponima proizvedenih dizalica (L_k) i standardnim rasponima hala. Dužina polja, rastojanje između osa krajnjih stubova iznosi:

$$A = (n - 1) t \quad (m)$$

gde je:

n – broj stubova u redu – duž polja, i

t – osno rastojanje stubova (standardne vrednosti su date na slikama 8-1 i 8-2).

Visina polja (H) (sl. 8-3) predstavlja rastojanje od poda do noseće krovne konstrukcije. Visina dizalične staze je rastojanje od poda do gornje ivice dizalične šine. Visina polja (H) u kome nisu smeštene mostovske dizalice ili uređaji neprekidnog transporta (koji su postavljeni na nosećoj krovnoj konstrukciji), određuje se obično u zavisnosti od visine primenjene opreme: pri tome treba voditi računa o mogućnosti montaže i demontaže uređaja. Visina dizalične staze (H_1), određuje se u zavisnosti od visine usvojene opreme, gabarita materijala koji se transportuje i tipa mostovske dizalice.

Visina polja (H) iznosi:

$$H = H_1 + h \quad (m)$$

gde je:

H_1 – visina dizalične staze,

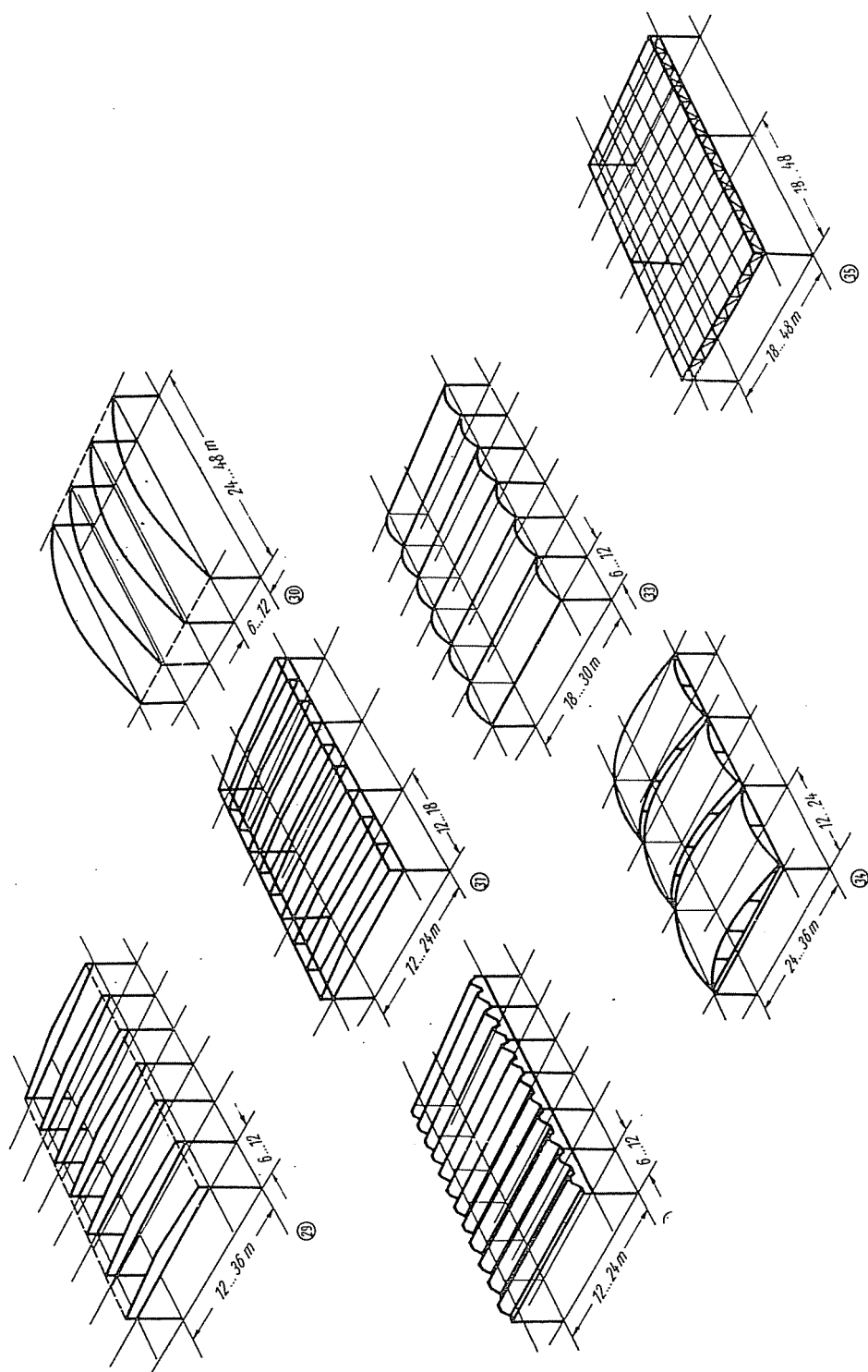
h – rastojanje od gornje ivice dizalične šine do donjeg pojasa noseće krovne konstrukcije.

Veličina (H_1) se određuje iz jednačine:

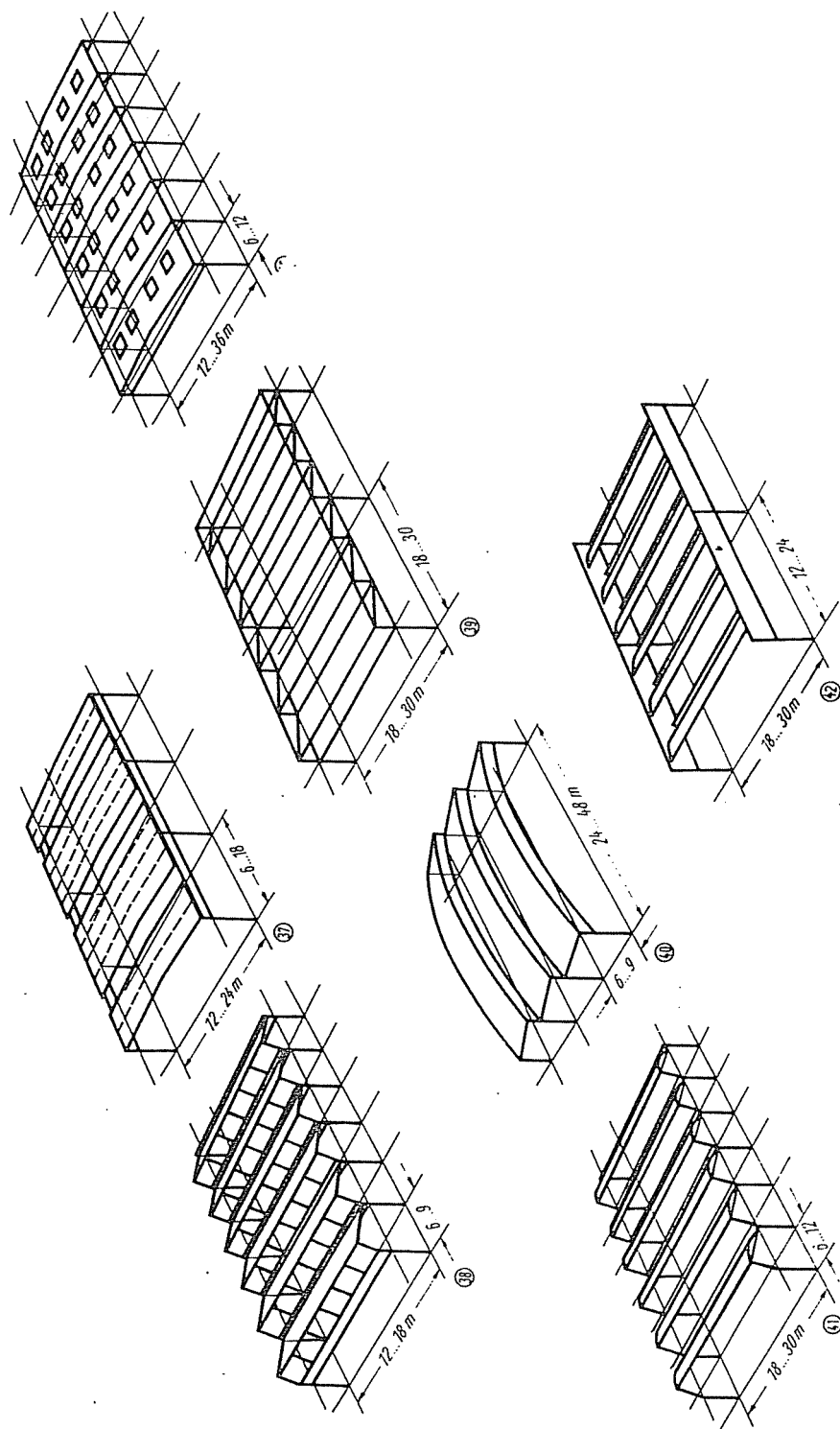
$$H_1 = k + z + e + f + c$$

gde je:

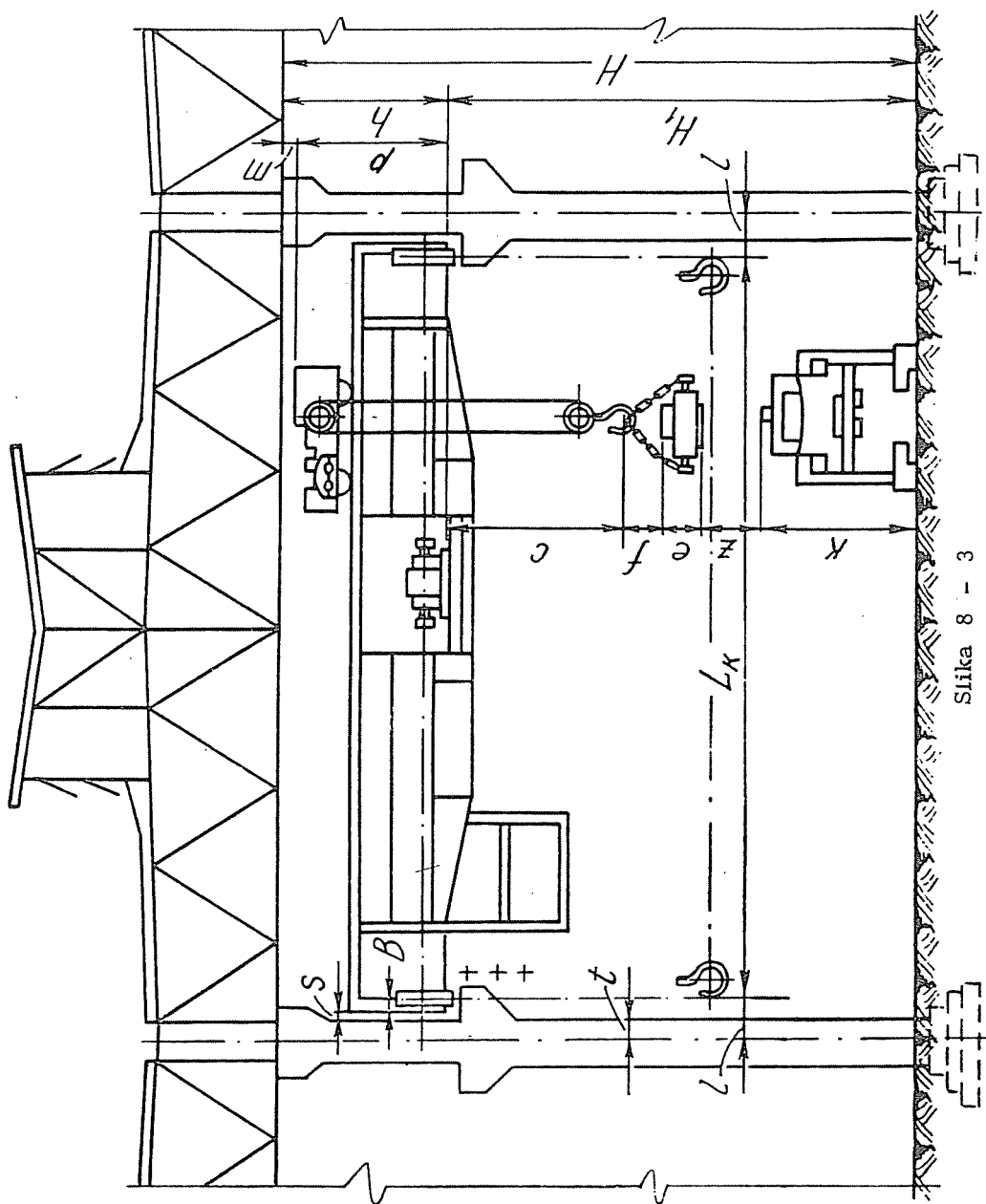
k – gabaritna visina usvojene opreme, preko koje se prenosi teret dizalicama (ova visina ne sme da je manja od 2,3 m),



Slika 8 - 1



Slika 8 - 2



Slika 8 - 3

- z – rastojanje sigurnosti, pri prenošenju tereta dizalicom iznad opreme; uzima se 0,5 m,
- e – visina najvećeg tereta,
- f – dužina organa za vešanje, mereno od gornje ivice do centra kuke dizalice (ova veličina ne sme da je manja od 1 m), i
- c – rastojanje od krajnjeg gornjeg položaja kuke do gornje ivice dizalične šine, uzima se prema usvojenoj mostovskoj dizalici.

Veličina (h) se određuje iz jednačine:

$$h = p + m$$

gde je:

- p – gabaritna visina mostovske dizalice od gornje ivice dizalične šine do najviše tačke kolica (dizalice), uzima se prema usvoje – noj mostovskoj dizalici;
- m – rastojanje između najviše tačke dizalice (kolica) i donjeg po – jasa noseće krovne konstrukcije (ne sme da je manje od 100mm).

Veličina radnog prostora zavisi od vrste rada koji se obavlja, ali prema propisima u svakom slučaju mora biti takva da na svako zaposleno li – ce dolazi najmanje 10 m³ vazdušnog prostora i 2 m² slobodne površine poda. Visina radne prostorije mora da iznosi minimum 2,80 m.

Pri određivanju gabaritnih mera zgrade livnice treba voditi računa da zapremina proizvodnih prostorija ne sme da bude manja od 15 m³ (za prostorije u kojima se predviđa livenje metala 24 m³), a njihova površina od 4 m² po jednom radniku.

Fabričke zgrade mogu da se podele na dve osnovne grupe: prizem – ne i spratne.

8. 01. Prizemne zgrade

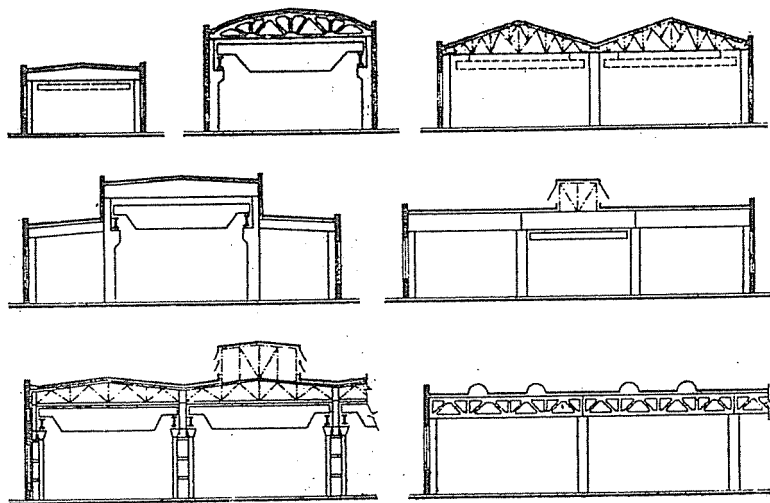
Prizemne zgrade se često primenjuju u metaloprerađivačkoj indu – striji, a naročito pri proizvodnji težih komada. Obično se grade sa 3 do 4 polja. Projektuju se sa osnovama pravougaonog ili kvadratnog oblika, zato što su ekonomičnije u odnosu na druge oblike osnova. Pravougaoni i kvadrat – ni oblik osnove su pogodni za smeštaj različitih proizvodnih postrojenja i la – ko se prilagođavaju promenama u proizvodnji.

Zgrade □ i ▢ oblika u osnovi mogu da se primene samo u onim slučajevima gde postoji tehničko-ekonomsko opravdanje.

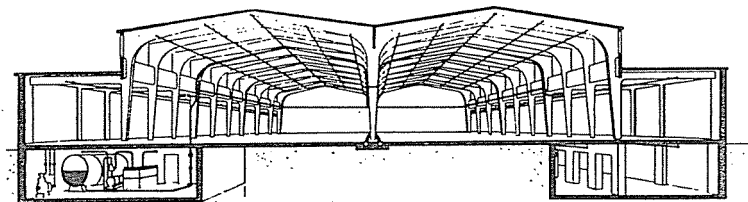
Najmanja visina prostorije u industrijskim zgradama obično iznosi 3,0 m. Visina prostorije prizemnih zgrada odeljenja, radionica i postrojenja za opsluživanje proizvodnje i obezbeđenje uslova rada najčešće se uzimaju od 3,5 – 4 m, a proizvodnih hala do 12 m, zavisno od vrste proizvoda, dimen – zija opreme i zahteva transporta. Visina hala u kojima se nalaze mostovske

dizalice zavisi od najveće zahtevane visine dizanja i dimenzija konstrukcije dizalice. Dubina prostorije prizemnih gradjevina nije ograničena, zato što se može da predvidi osvetljavanje i kroz krov.

Na slici 8-4 su prikazani preseki različitih tipova standardnih hala, a na slici 8-5 je dat izgled jedne prizemne zgrade u kojoj je deo pomoćnih odeljenja postavljen ispod nivoa zemljišta.

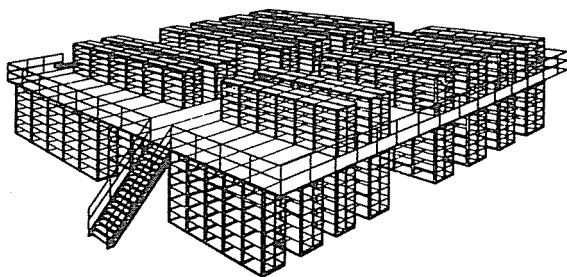


Slika 8 - 4



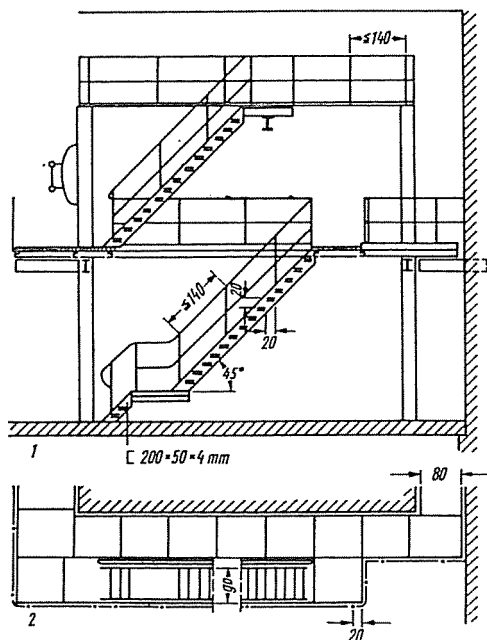
Slika 8 - 5

U pojedinim slučajevima je neophodno da se u prizemnim objektima postave metalne platforme (galerije) na odgovarajućoj visini a koje se koriste za obavljanje pojedinih procesa (na pr. deo montaže), postavljanje opreme ili za priručna skladišta (slika 8-6). Na ovaj način može da se poveća stepen iskorišćenja proizvodnog prostora i da se skrate pojedini transportni putevi.

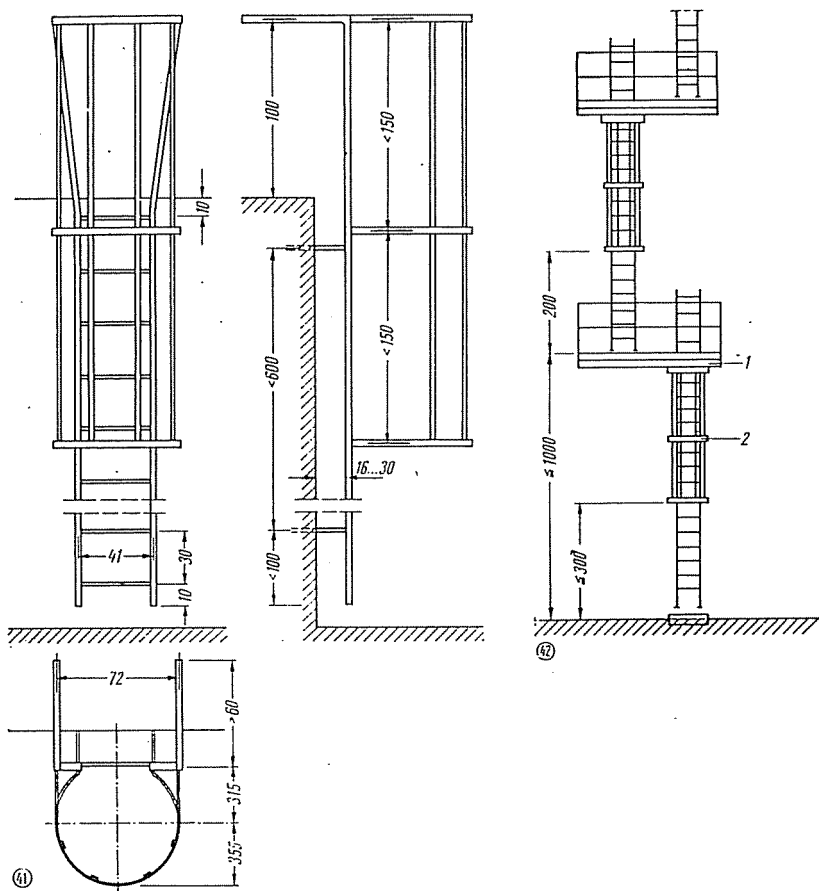


Slika 8 - 6

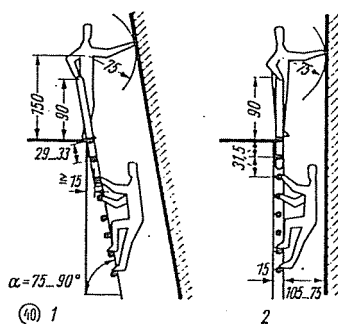
Za komunikaciju ljudi izmedju osnove hale i galerije predviđaju se metalne stepenice (slika 8-7; mere su date u cm). Za prilaženje pojedinim delovima opreme pri veoma maloj frekvenciji komuniciranja (na pr. kod održavanja, povremenog nadzora, penjanja do kabine kрана itd.) koriste se penjalice (slika 8-8; mere su date u cm). Za povremene popravke mogu da se koriste lestvice (slika 8-9; mere su date u cm).



Slika 8 - 7



Slika 8 - 8



Slika 8 - 9

Prednosti:

- podovi zgrade su, gotovo uvek, postavljeni u istoj visini sa terenom, tako da je omogućen jednostavan prilaz u sve prostorije, bez potrebe za postavljanjem rampi, dizalica ili stepeništa,
- postoji mogućnost uvođenja železničkog koloseka u halu,
- manja cena 1 m^2 i 1 m^3 zgrade, nego kod spratnih zgrada,
- ravnomerno prirodno osvetljavanje svih prostorija,
- mogućnost povećanja nosivosti poda bez poskupljenja gradnje,
- pogodne su za postavljanje na zemljištu lošeg kvaliteta, zbog malog opterećenja,
- fleksibilne su u odnosu na eventualne promene u proizvodnji, i
- manja opasnost od povreda na radu.

Nedostaci:

- veliki toplotni gubici, i
- zauzimaju veliku površinu.

8.02. Spratne zgrade

Spratne zgrade su veoma pogodne za primenu u radionicama precizne mehanike, električnih, radio i televizijskih uređaja, kod proizvodnje elektronskih komponenti, računara, mikro-procesora, laboratorijama za ispitivanje sitnih delova itd. Višespratna izgradnja je posebno pogodna za smeštaj opštih službi, tehničko-tehnoloških biroa itd.

U poslednje vreme se pojavljuje tendencija ka primeni jednospratnih zgrada u fabrikama (prizemlje i sprat). U prizemlju se obično postavlja kancelarije, opšte prostorije, postrojenja za ventilaciju, transformatorske stanice, medjuoperaciona skladišta, sredstva neprekidnog transporta itd. Na ovaj način se izbegava ukopavanje pojedinih uređaja pod zemlju, skraćuju transportni putevi, ventilacioni kanali i električni vodovi.

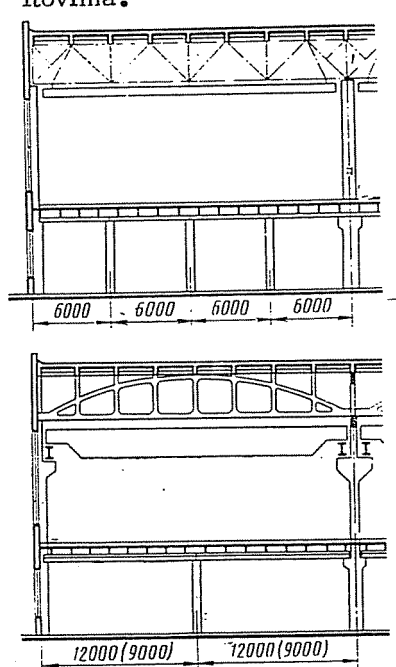
Osnovna proizvodna odeljenja se smeštaju na prvom spratu. Pri ovakvom komponovanju zgrade stvaraju se veoma pogodni uslovi za opsluživanje opreme, isključuje se neophodnost postavljanja mnogobrojnih vazdušnih kanala unutar proizvodnih odeljenja, kao i postavljanje tunela. Zgrade sa spratom se primenjuju u fabrikama koje ne izrađuju proizvode velike mase.

Pri projektovanju zgrade sa više spratova treba voditi računa da se usvoji odgovarajuća spratna visina da bi se dobilo pogodno prirodno osvetljenje. Spratna visina od 4,0 m, dozvoljava da dubina prostorije iznosi do 7,0m; veća dubina prostorije zahteva povećanje spratne visine.

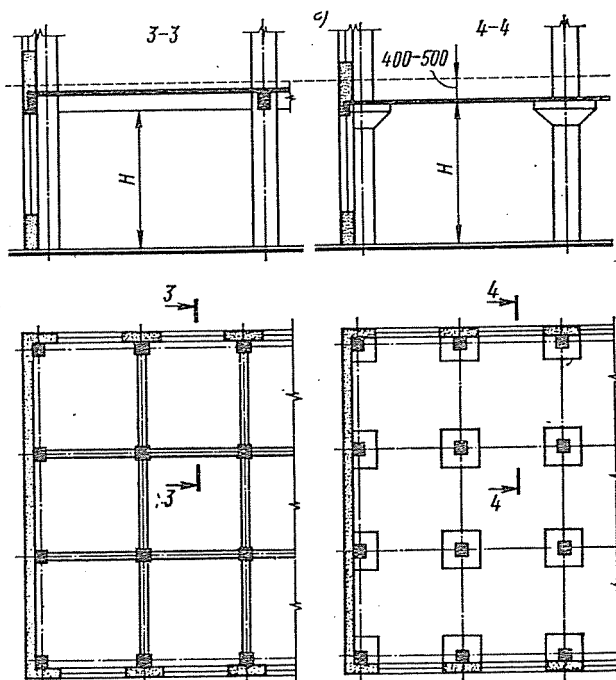
Prizemlje i spratovi su povezani stepeništima i liftovima za kretanje zaposlenih, odnosno odgovarajućim transportnim uređajima za kretanje materijala između spratova.

Na slici 8-10 je dat presek standardnih oblika jednospratnih zgrada, a na slici 8-11 višespratnih zgrada.

Položaj stepeništa (1) i liftova (2) kod višespratnih zgrada, za razna izvodjenja je prikazan na slici 8-12. Šrafirano je označena površina predviđena za dogradnju pri proširenju objekta. Na slici 8-13 je dat izgled stepeništa sa osnovnim kotama, a na slici 8-14 izgled stepeništa sa ugrađenim liftovima.



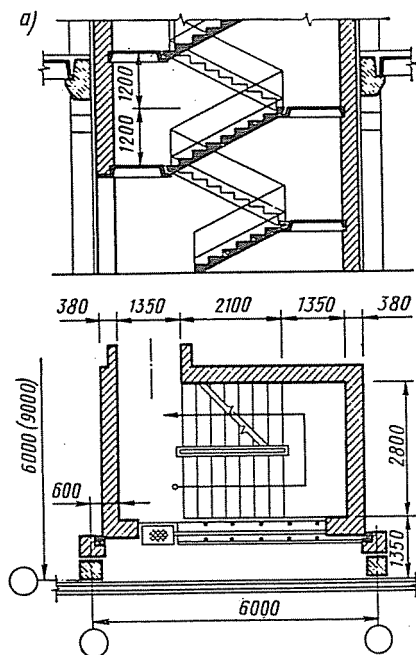
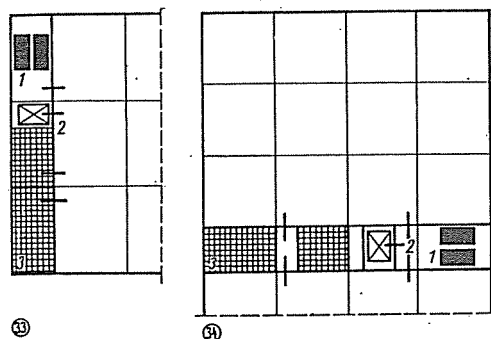
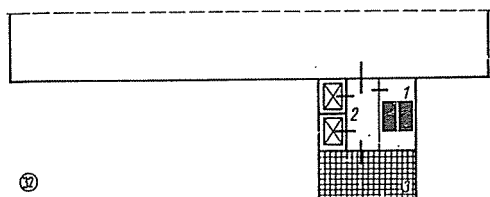
Slika 8 - 10



Slika 8 - 11

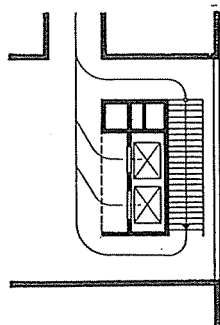
Prednosti:

- potreban teren, u odnosu na dobijenu površinu je manji nego kod prizemnih zgrada,
- manja dužina transportnih puteva između nekih odelenja kod primene vertikalnog transporta,
- manji troškovi za održavanje i zagrevanje zgrade,
- povoljni uslovi za provetravanje i smeštaj uređaja za ventilaciju i klimatizaciju,
- kraće mreže za razvod energije,



Slika 8 - 12

Slika 8 - 13



Slika 8 - 14

- lakša komunikacija zaposlenih,
- mogućnost postavljanja u prizemlje pomoćnih odeljenja, odeljenja za bojenje, kancelarija itd. i
- mogućnost korišćenja gravitacije za transport materijala.

Nedostaci:

- skuplja gradnja u odnosu na prizemne zgrade,
- ograničeno opterećenje međuspratnih konstrukcija,
- modul stubova je manji, i
- ograničena je površina zgrade kada se zahteva dnevno osvetljenje.

8.03. Prirodno osvetljenje zgrada

Prirodno osvetljavanje zgrada se obezbeđuje propuštanjem dnevne svetlosti kroz zastakljene površine na zidovima ili svetlarnike na krovu. Najpogodnije je postavljati prozore za osvetljenje na vertikalnim zidovima, zbog lakšeg održavanja i opasnosti od prokišnjavanja (slika 8-15 lateralno i bilateralno osvetljenje). Postavljanje prozora na zidovima dovodi do povećanja visine hale, da bi se omogućilo što dublje prodiranje bočne svetlosti. Kod hala sa više polja mora da se naizmenično izdiže jedno polje u odnosu na susedno, ukoliko se želi da koristi bočno osvetljenje (slika 8-16). Ukoliko proizvodni proces zahteva intenzivno osvetljenje, a hale imaju široka polja, mora da se primeni osvetljenje kroz tavanicu (v. sliku 8-2). Ovaj način osvetljavanja hala može da se reši uglavnom na tri načina

- testerastom krovnom konstrukcijom (slike 8-17 i 8-18),
- postavljanjem specijalnih svetlarnika - lanterni (slike 8-19 i 8-20), i
- postavljanjem specijalnih otvora na tavanici (slike 8-21 i 8-22).

Prva dva načina su pogodnija zato što propuštaju veću količinu svetlosti. Svetlarnici su konstruisani od metalnih profila koji nose staklo.

8.04. Specifičan pritisak na pod od različitih vrsta opterećenja (kN/m²)

1. Skladište repro-materijala:

- uzdužni prolaz na kome je postavljen železnički kolosek 50
- skladište metala 20-100
- skladište rasutih materijala 20-100
- skladište za koks i ugalj 50

2. Skladište gotovih proizvoda 10-60

- 3. Prolazi za kolica, viljuškare, tegljače sa prikolicama itd. 20-30

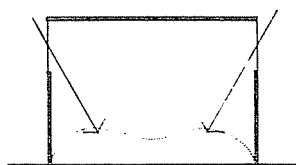
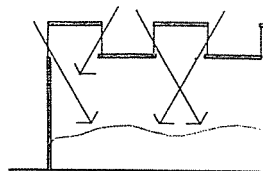
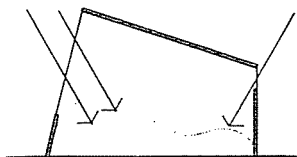
4. Fabrike i radionice:

- lake industrije (prizemlje) 10
- (spratovi) 0,5-0,7
- srednje industrije (prizemlje) 20
- (spratovi) 10-15
- teške industrije (prizemlje) 40

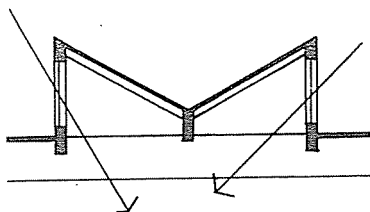
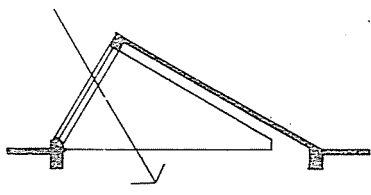
5. Odeljenje za čišćenje i odeljenje za termičku obradu 10-30

6. Garaže 10

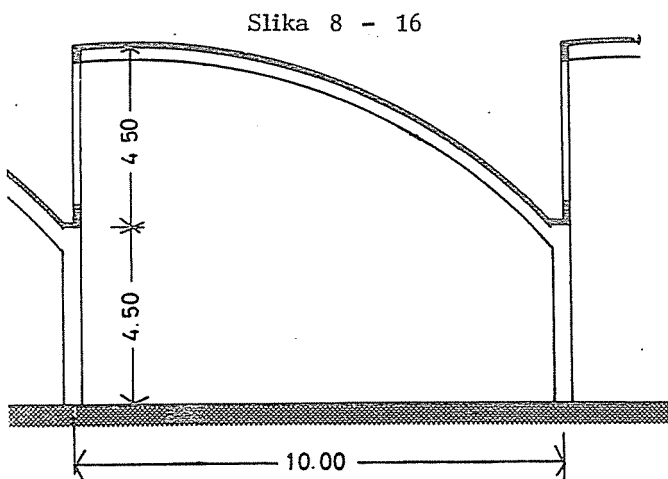
Napomena: U montažnim radionicama teške mašingradnje dozvoljena nosivost poda može da bude veća od 40 kN/m^2 .



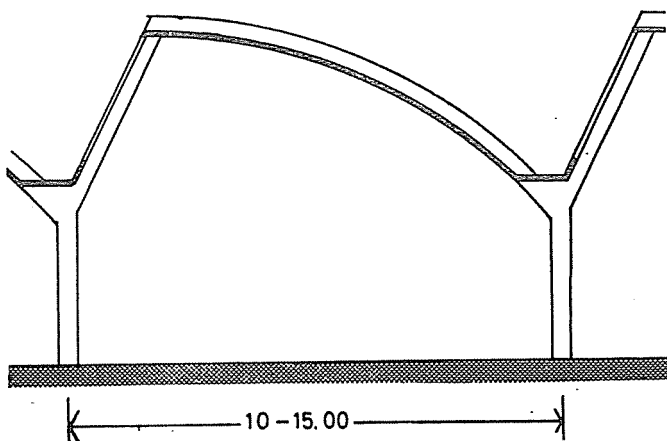
Slika 8 - 15



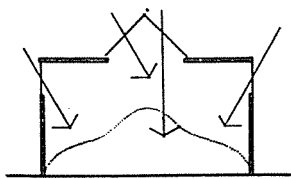
Slika 8 - 17



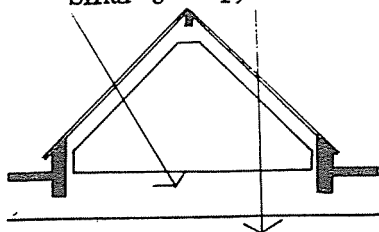
Slika 8 - 16



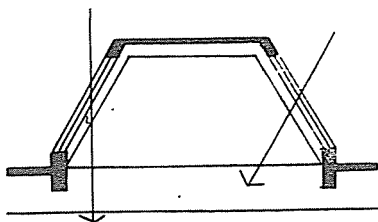
Slika 8 - 18



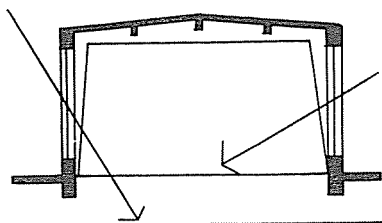
Slika 8 - 19



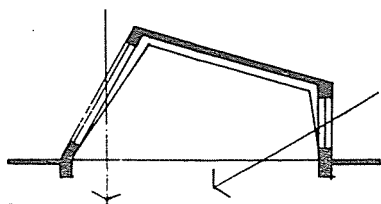
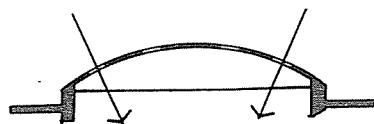
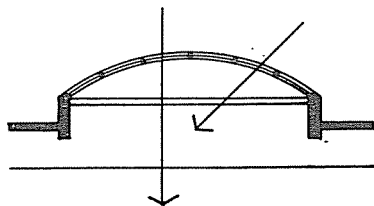
TROUGAONA



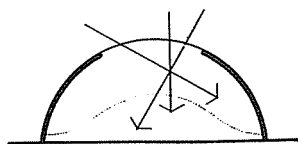
TRAPEZNA



PRAVOUGAONA

ORJENTISANA
Slika 8 - 20

Slika 8 - 21



Slika 8 - 22

9. GREJANJE, PROVETRAVANJE I OTPRAŠIVANJE

9.1. Grejanje

U svim radnim prostorijama moraju se u letnjem i zimskom periodu obezbediti mikroklimatski uslovi, prema odgovarajućim normama datim za projektovanje industrijskih postrojenja.

Zagrevanje radnih prostorija u kojima se radnici zadržavaju stalno ili duže od 2 časa bez prekida, mora se obezbediti za vreme hladnog perioda po normativima iz tablice 9-1 (Sl. list SFRJ, br. 27/67, 29/67, i 41/68). U tablici 9-2 su dati normativi za temperaturu i broj izmene vazduha u prostorijama opštih službi.

Za zagrevanje radnih prostorija površine do 500m^2 u kojima se pri proizvodnji ne izdvajaju niti koriste zapaljive ili eksplozivne materije, mogu se predvideti obične peći. Zagrevanje radnih prostorija u kojima se pri proizvodnji izdvajaju ili koriste zapaljive ili eksplozivne materije bez obzira na površinu poda prostorije, kao i zagrevanje prostorija sa površinom poda preko 500m^2 , mora se predvideti sistemom centralnog grejanja (parom, toplom vodom, toplim vazduhom i sl.).

Raspored grejnih tela (radijatora i sl.) mora biti takav da se u radnoj prostoriji obezbedi ravnomerna temperatura. Temperatura na površini grejnih tela ne sme biti veća od:

- 130°C - za radne prostorije u kojima se pri radu ne izdvajaju i ne koriste zapaljive i eksplozivne materije, i
- 110°C - za radne prostorije u kojima se pri radu izdvaja prašina koja nije zapaljiva, eksplozivna niti otrovna.

Grejna tela moraju biti obezbedjena protiv slučajnog dodira. Površina grejnih tela u radnim prostorijama u kojima se pri radu izdvaja površina mora biti glatka.

Temperatura toplog vazduha za zagrevanje radne prostorije (pomoću kalorifera i sl.) ne sme biti veća od 60°C ako se vazduh dovodi sa visine veće od 3,50 m mereno od poda, odnosno veća od 30°C ako se vazduh dovodi sa manje visine.

Sistem centralnog grejanja pomoću toplog vazduha ne sme se pri - meniti u radnim prostorijama u kojima zbog povećanja temperature i brzine strujanja vazduha može doći do povećanog isparavanja otrovnih materija.

NORMATIVI ZA TEMPERATURU, RELATIVNU VLAŽNOST
I BRZINU STRUJANJA VAZDUHA U RADNIM PROSTORIJAMA

Tablica 9 - 1

Radna prosto- rija	Vrsta rada	Zimski i prelazni period (temperatura spoljnog vazduha do 10°)						Topli period (temperatura spoljnjeg vazduha preko 10°C)					
		optimalna			dovoljena			optimalna			dovoljena		
		Temperatura u °C	Relativna vlaž- nost u procentima	Brzina strujanja u m/s	Temperatura u °C	Relativna vlažnost u procentima	Brzina strujanja u m/s	Temperatura u °C	Relativna vlaž- nost u procent.	Brzina strujanja u m/s	Temperatura u °C	Relativna vlažnost u procentima	Brzina strujanja u m/s
Manji izvo- ri toplote (83,7 kJ m ³ /k i manje	laki	18-21	60-40	max. 0,2	17-22	max. 75	max. 0,3	22-25	60-40	max. 0,3	Najviše 28	pri 28° max.35	0.5
	srednji	14-18	60-40	max. 0,3	15-17	max. 75	max. 0,5	20-23	60-40	max. 0,3		pri 26° max.60	max.0,7
	teški	12-14	60-40		13-15			17-20	60-40			pri 24° max.65	0,5 - 1,0
Veći izvo- ri toplote (preko 83,7 kJ/m ³ /h)	laki	18-21	60-40	max. 0,2	17-24	max. 75	max. 0,5	22-25	60-40	max. 0,3			max. 0,7
	srednji	16-18	60-40	max. 0,3	17-22	max. 75	max. 0,5	20-23	60-40	max. 0,3			0,7 - 1,0
	teški	14-16	60-40		14-17			17-20	60-40				1,0 - 1,5

Napomena: 1. Temperatura poda ne sme biti veća od 25°C, a temperatura tavanice ne sme biti veća od 35°C.

2. Temperatura, relativna vlažnost i brzina strujanja vazduha mere se na nivou 1,20 m od poda.

NORMATIVI ZA TEMPERATURU I BROJ IZMENA VAZDUHA
U PROSTORIJAMA ZA VRŠENJE ADMINISTRATIVNIH POS-
LOVA, KONSTRUKCIONIM BIROIMA I DR. I U POMOĆNIM
PROSTORIJAMA

Tablica 9-2

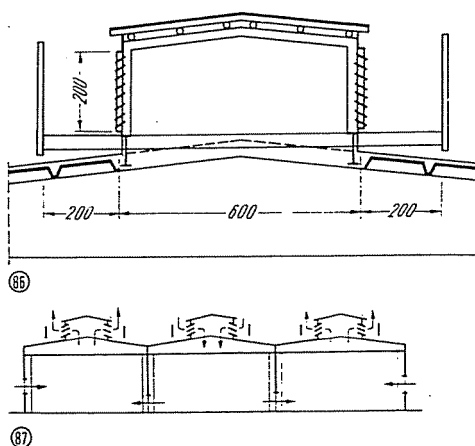
Naziv prostorije	Temperatura vazduha u °C	Broj izmena vazduha u toku jednog časa	
		Ubacivanje vazduha	Izbacivanje vazduha
Prostorija za vršenje admi- nistrativnih poslova	18	1,5	1,5
Sala za održavanje sastanaka	16	3	3
Garederoba	16		1
Kupatilo	25		5
Umivaonica	16		1
Nužnik	14		4-8
Prostorija za ličnu higijenu žena	23		2-4
Trpezarija	20	3	3
Prostorija za povremeno za- grevanje radnika	20		2
Prostorija za sušenje, čišćenje i dezinfekciju radne odeće i ličnih zaštitnih sredstava	20	po proračunu	

9.2. Provetravanje i otprašivanje

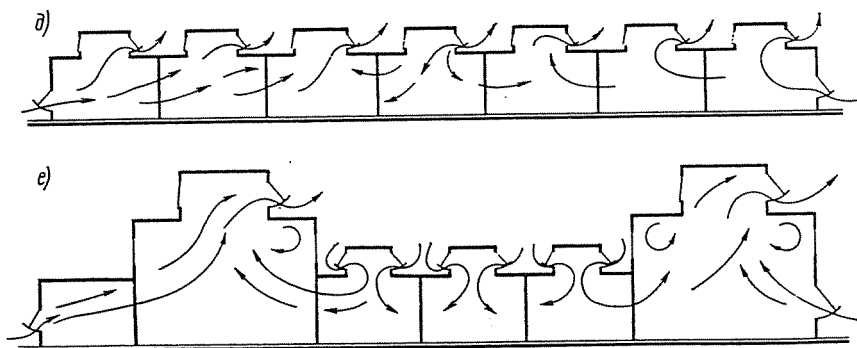
Instalacije provetravanja imaju zadatak da obezbede pogodni sastav vazduha u svim radnim prostorijama i da smanje količinu štetnih gasova, para i prašine u vazduhu proizvodnih odeljenja do koncentracije dozvoljene prema odgovarajućim normama. U radnim prostorijama mora se predvideti prirodno ili veštačko provetravanje u zavisnosti od vrste i jačine izvora zagađenja.

Provetravanje prirodnim putem dopušteno je samo u onim radnim prostorijama u kojima ne dolazi do obrazovanja i kondenzovanja vodene pare. Prirodno provetravanje se obezbedjuje povremenim otvaranjem prozora ili kroz otvore za provetravanje (slika 9-1 i 9-2) koji omogućuju kontinualni do-

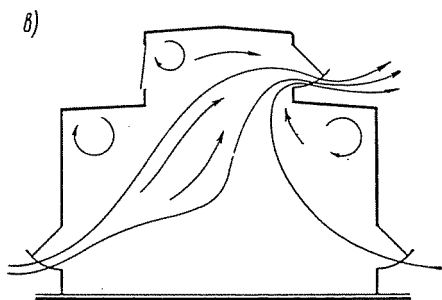
vod i odvod vazduha pod uticajem vetrova (slika 9-3) ili razlike unutrašnje i spoljne temperature. Potrebno je napomenuti da se usisni otvori za letnje i zimske uslove rada nalaze na različitim visinama (slika 9-4).



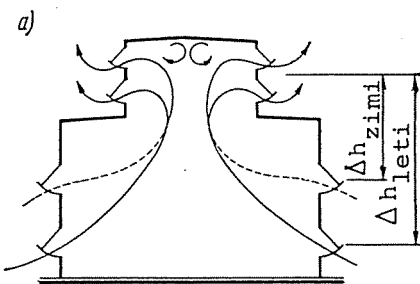
Slika 9 - 1



Slika 9 - 2



Slika 9 - 3



Slika 9 - 4

Veličina otvora za provetravanje se dobija iz sledećeg obrasca:

$$A = \frac{N \cdot V}{Q}$$

gde je:

A - površina otvora u (m^2),

N - potreban broj izmena vazduha u toku časa; obično iznosi 6 - 30 za fabričke prostore (min 3),

V - ukupna zapremina prostorije u (m^3),

Q - protok vazduha u ($m^3/m^2 \cdot h$).

$$Q = 420 / h (t_u - t_s)^{1/2}$$

gde je:

h - visinska razlika ulaznog i izlaznog otvora u (m); v. sl. 9-4,

t_u - temperatura vazduha u hali,

t_s - temperatura vazduha okoline.

Vazduh za veštačko centralno provetravanje radnih prostorija odnosno vazduh za zagrevanje kojim se istovremeno vrši i provetravanje prostorija ne sme sadržavati prašinu, dim, štetne gasove, neprijatne mirise i sl. Otvori za dovodjenje svežeg vazduha moraju biti zaštićeni protiv prodiranja stranih tela mrežom od žice, žaluzinama i sl. Ako svež vazduh nije dovoljno čist, mora se pre ubacivanja u prostoriju pročititi putem posebnih uređaja (filtera, klima uređaja i dr.).

Količina, čistoća i raspodela vazduha koji se ubacuje u radnu prostoriju moraju odgovarati mikroklimatskim uslovima prema normativima iz tablice 9-1 i dopuštenim koncentracijama štetnih isparenja.

Ubacivanje i izbacivanje vazduha pri veštačkom provetravanju radnih prostorija mora biti izvedeno tako da koncentracija zagadjenja vazduha u zoni disanja radnika ne prelazi dopuštene granice propisane važećim jugoslovenskim standardima o maksimalno dopuštenim koncentracijama štetnih gasova, para, magle i prašine (MDK).

Ako su, u radnoj prostoriji normalni mikroklimatski uslovi, moraju se veštačkim provetravanjem obezbediti sledeće količine svežeg vazduha po zaposlenom radniku:

- $30 \text{ m}^3/\text{h}$ - za prostorije u kojima na jednog zaposlenog radnika dolazi najmanje 20 m^3 slobodnog vazdušnog prostora,
- $20 \text{ m}^3/\text{h}$ - za prostorije u kojima na jednog zaposlenog radnika dolazi 20 do 40 m^3 slobodnog vazdušnog prostora, i
- najmanje $40 \text{ m}^3/\text{h}$ - za prostorije koje nemaju prozore ili druge otvore za provetravanje.

Količina vazduha potrebna za veštačko provetravanje radne prostorije u kojoj zbog tehnološkog procesa rada vladaju nenormalni mikroklimat - ski uslovi (razna zagađenja, štetna isparenja, visoka temperatura, vlaga i sl.), određuje se zavisno od stepena zagađenja vazduha, vlage, temperature i drugih štetnih faktora, kao i na osnovu normativa predviđenih u tablici 9-1 i važećih jugoslovenskih standarda o maksimalno dopuštenim koncentracijama štetnih gasova, para, magle i prašine (MDK).

Količina vazduha potrebna za provetravanje zagađenih prostorija data je izrazom:

$$Q = \frac{G}{M_d - M_v}$$

gde je:

- Q - količina vazduha koja treba da se dovede odnosno odvede iz prostorije (m^3/h),
- G - koncentracija štetnih materija koja se razvija u toku časa (mg/h),
- M_d - dozvoljena koncentracija gasa u vazduhu (mg/m^3),
- M_v - koncentracija gasa u svežem vazduhu (mg/m^3).

U radnim prostorijama u kojima se pri tehnološkom procesu rada razvijaju neprijatni mirisi ili mogu nastati zapaljive odnosno eksplozivne smeše mora se, radi sprečavanja njihovog prodiranja u susedne radne prostorije pritisak vazduha sniziti pomoću posebnog uredjaja (usisne ventilacije i sl.).

Izvori zagađenja vazduha u radnim prostorijama moraju se lokalizovati pomoću uredjaja i naprava kojima se zagađeni vazduh neposredno od sisava sa mesta nastajanja. U tablici 9-3 su data radna mesta, oprema i agregati koji moraju da budu opremljeni uredjajima za izvlačenje vazduha.

Odvođenje iz radnih prostorija prašine i pare koja se lako kondenzuju, kao i materija koje same ili pri mešanju sa vazduhom mogu da stvaraju otrovne zapaljive i eksplozivne smeše odnosno hemijska jedinjenja, mora se vršiti posebnim cevnim vodovima.

Tablica 9-3

Fabrika (radionica)	Mesto lokalnog otšisavanja
Industrija prerade metala (mašinska obrada, zavarivanje, termička obrada itd.)	Brusilice, peći za termičku obradu, aparati za zavarivanje, površinska zaštita metala, odmašćivanje, komore za sušenje, uređaji za čišćenje sačmom, itd.
Procesna industrija	Mlinovi, mešalice, vibraciona sita, dozatori, mesta na kojima se presipaju suvi rastresiti materijali, elevatori i otvoreni trakasti transporteri koji prenose suve rastresite materijale, komore za sušenje, tuneli za hladjenje itd.
Livnice	Priprema peska, livenje, komore za sušenje, hladjenje kalupa, istresne rešetke, hladjenje odlivaka, čišćenje odlivaka itd. (v. detaljnije /39/).

Primer šeme vezivanja usisnih vodova sa postrojenjem za izvlačenje zagađenih gasova, para i prašine, i filterima za prečišćavanja vazduha, pre izbacivanja u atmosferu, dat je na slici 9-5.

Suvi filteri se upotrebljavaju samo za otprašivanje suvog prašnjavog vazduha (bez vlage), inače se vlažan prah lepi na zidove vreća, tako da vreće više ne propuštaju vazduh. Mesta u procesu gde se pojavljuje para, priključuju se na vodene filtere.

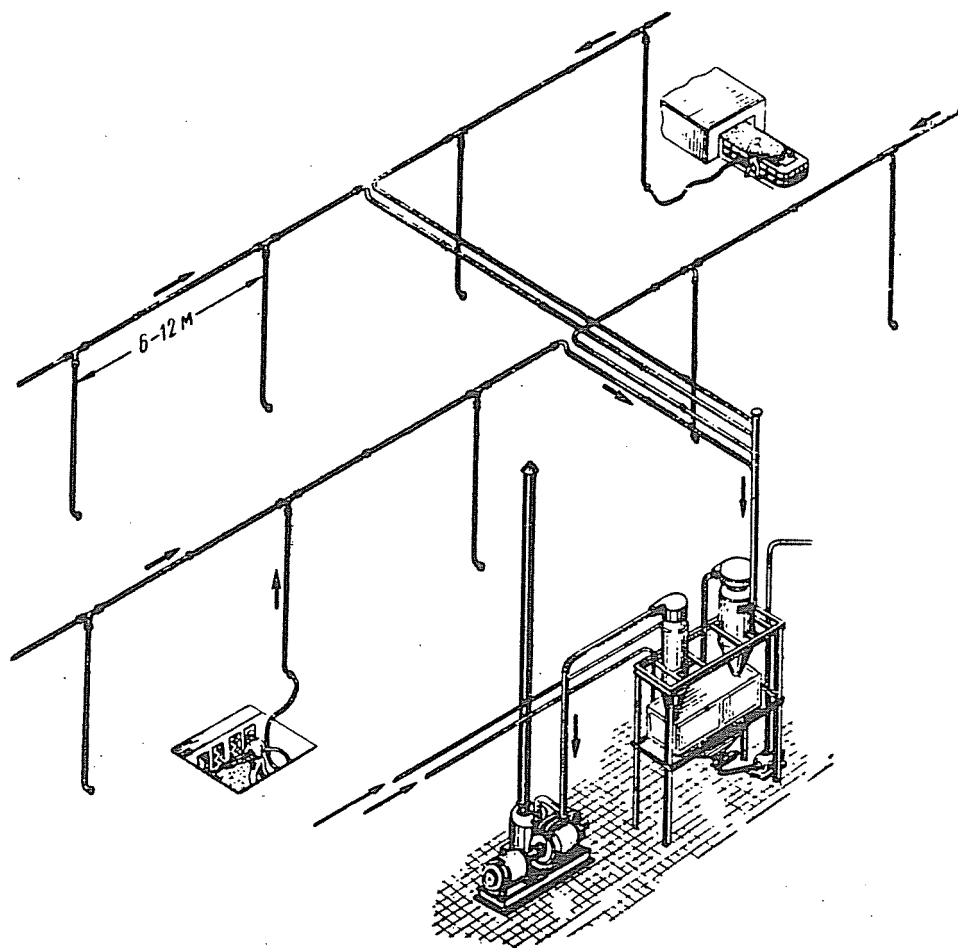
Na slici 9-6 su dati primeri izvodjenja lokalnog odsisavanja na pojedinim radnim mestima.

9.3. Zaštita okoline

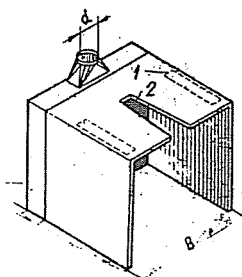
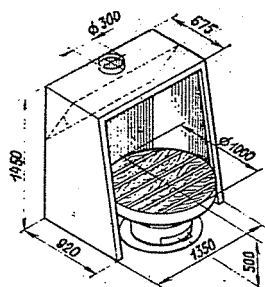
U cilju zaštite zdravlja stanovništva, životne sredine i materijalnih dobara od štetnog dejstva zagađenog vazduha zakonom su određeni uslovi i mere za zaštitu od zagađivanja vazduha. Pri tome se zagađenim vazduhom okoline smatra vazduh u kome ima štetnih materija iznad maksimalno dozvoljene koncentracije.

Zagađivanje vazduha smatra se ispuštanje odnosno ubacivanje u vazduh gasa, pare, dima, prašine i drugih materija iz pojedinih izvora u količinama koje mogu zagađiti okolinu u toj meri da štetno utiču na zdravlje stanovništva, životnu sredinu i materijalna dobra.

Zakon o zaštiti od zagađivanja vazduha predviđa da industrijski i drugi objekti ne smeju ispuštati štetne materije u količinama koje će koncentracija ovih materija dovesti iznad maksimalno dozvoljenih granica u vazduhu



Slika 9 - 5



Slika 9 - 6

okoline (tablica 9-4).

Tablica 9-4

Redni broj	M a t e r i j a	Srednja dnevna koncentracija u mg/m^3	Kratkotrajna koncentracija u mg/m^3
1.	sumpordioksid	0,15	0,5
2.	čadj	0,05	0,15
3.	olovo	0,0007	-
4.	olovosulfid	0,0017	-
5.	arsen kao neorganska jed.	0,003	-
6.	ugljen disulfid	0,01	0,03
7.	ugljen monoksid	1	3,0
8.	azotni oksid	0,085	0,085
9.	fluoro vodonik	0,005	0,02
10.	oksidansi	-	0,125
11.	pepeo i inertna prašina do $300 \text{ mg}/\text{m}^2$ na dan		
Napomena: - koncentracijom se smatra sadržaj štetne materije u uzorku vazduha sakupljenom najmanje 24 časa, - kratkotrajnom koncentracijom smatra se sadržaj štetne materije u uzorku vazduha sakupljenom do 3 časa.			

Treba napomenuti da, projektovanje, izgradnja i rekonstrukcija objekata i postrojenja koja ispuštanjem štetnih materija mogu zagaditi vazduh (industrijski i drugi objekti), kao i uređaja za hvatanje i prečišćavanje gasa, pare, prašine i drugih otpadnih materija, podleže primeni ovog zakona.

Izgradnji i rekonstrukciji navedenih objekata može se pristupiti samo ako tehnička dokumentacija prema usvojenom investicionom programu za izgradnju odnosno rekonstrukciju obezbeđuje uslove potrebne za zaštitu od zagadjivanja vazduha. Tehnička dokumentacija za izgradnju odnosno rekonstrukciju objekata mora da sadrži podatke o vrsti, obimu i širenju štetnih materija u vazduhu okoline do kojeg će doći puštanjem objekta u rad.

10. VEŠTAČKO OSVETLJENJE

Postupak projektovanja opšteg osvetljenja je takav da na osnovu potrebnih vrednosti jačine osvetljenosti u luksima (lx) za razne vrste poslova - tablica 9-1 (JUS N.B.2.701), određujemo ukupan svetlosni fluks koji moraju da daju sijalice. Pri tome je potrebno izvršiti izbor tipa sijalica i odrediti broj sijaličnih mesta.

Prilikom izbora tipa svetiljki treba obratiti pažnju na sledeće faktore:

- povoljnu raspodelu svetlosti i pogodnost za unutrašnji prostor koji je u pitanju,
- efikasnost davanja svetlosti,
- mogućnost održavanja početne efikasnosti i lakoća periodičnog čišćenja i zamena sijalica,
- mogućnost upotrebe veće sijalice ako zatreba više svetlosti,
- solidnost konstrukcije,
- koštanje instalacije, rada i održavanja, i
- uticaj odbijanja svetlosti.

Potreban svetlosni fluks u lumenima (lm^{**})

$$F = \frac{E \cdot A}{\eta \cdot K}$$

gde je:

- E - srednja osvetljenost u luksima (lx^{***}),
- A - površina poda prostorije u (m^2),
- η - koeficijent iskorišćenja osvetljenja,
- K - faktor održavanja svetiljke (dat je u tablicama 10-4 i 10-5 za normalni program čišćenja i bojenja) /73/, sobni indeks se određuje prema tablici 10-3.

Svetlosni fluks po svetiljci (lm):

$$F_1 = \frac{F}{N}$$

gde je:

N - broj svetiljki koje će se postaviti.

^{**} lm - svetlosni fluks koji u prostorni ugao od 1 steradijana odašilje tačkasti svetlosni izvor čija je svetlosna jačina u svim pravcima prostora jednaka 1 kandela ($1 lm = 1 cd \cdot 1 sr$),

^{***} osvetljenost površine od 1 kvadratnog metra na koju dolazi ravnomerno raspoređen svetlosni fluks od 1 lumena ($1 lx = 1 lm/1 m^2$).

Prilikom odredjivanja broja svetiljki, koje se postavljaju, treba se pridržavati preporučenih normi za rastojanja izmedju svetlosnih izvora, tako da se na taj način dobija prilično ujednačen osvetljaj na datoj površini. Ovi podaci su dati za razne tipove svetiljki, u tablici 9-2 /73/. Ukoliko je potrebno da se raspored sijalica saobrazi prostorijama i drugim konstruktivnim elementima gradjevine mogu se uzeti i manja rastojanja od preporučenih.

Tablica 10-1

Vrsta vrednosti osvetljenosti za opšte osvetljenje meri se na horizontalnoj ravni na visini 1 m iznad poda, a za osvetljenje radnog mesta na radnoj površini	Opšte osvetljenje (lx)			Osvetljenje radnog mesta (lx)
	Srednja jačina osvetljenosti		Jačina osvetljenosti na najnepovoljnijem mestu	Jačina osvetljenja radnog mesta
	Minimalno	Preporučljivo		
Za grubi rad	20 (20)	40	10 (10)	50 - 100
Za srednji rad	40 (30)	80	20 (15)	100 - 600
Za fini rad	75 (40)	150	50 (20)	500 - 1000
Za vrlo fini rad	150 (50)	300	100 (30)	1000 - 5000

Napomena: Vrednosti u zagradi važe samo tamo gde pored opšteg postoji još i osvetljenje radnog mesta.

Na radnim mestima u prostoriji gde se lije, jačina opšteg osvetljenja mora da bude najmanja 80 luksa, s tim da lokalno osvetljenje odgovara normama za osvetljenost takvih prostorija.

Grubi rad: Livenje i čišćenje liva, grubo valjanje i izvlačenje, kovanje i sl.

Srednji rad: Običan rad na strugovima i sličnim mašinama radilicama.

Fini rad: Precizni rad na strugovima, presama, montaža, valjanje i izvlačenje.

Vrlo fini rad: Graviranje, fina mehanika, obrada stakla, crtanje, laboratorijski rad.

Pre nego što se pristupi odredjivanju koeficijenta iskorišćenja osvetljenja η , treba odrediti sobni indeks. Ovaj parametar zavisi od veličine prostorije - dužine i širine, visine izvora svetlosti od poda i tipa svetiljke (tablica 10-3).

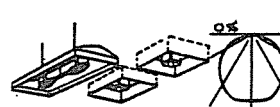
Koeficijent iskorišćenja osvetljenja (η) je broj koji pokazuje procentualno iskorišćenje svetlosnog fluksa za dobijanje osvetljenja. Zavisi od niza faktora: tipa svetiljke, procenta fluksa koji upije sama svetiljka, obrade i boje zidova i plafona, sobnog indeksa i faktora održavanja. U tablicama 10-4 i 10-5 su date vrednosti ovoga koeficijenta za razne tipove sijalica.

U tablici 10-6 su date vrednosti svetlosnog fluksa u lumenima za sijalice sa usijanim vlaknom, živom i fluorescentne sijalice.

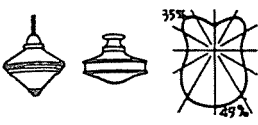
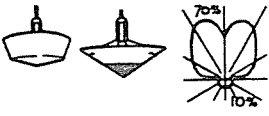
Tablica 10-3

		Visina plafona (m)					
Za poluindirektno i indirektno osvetljenje		3,05-3,50	3,65-4,10	4,25-5,00	5,20-6,10	9,45-11,00	
		Visina od poda (m)					
Za direktno i poluindirektno osvetljenje		2,45-2,60	2,75-2,90	3,05-3,50	3,65-4,10	6,40-7,30	9,45-11,00
Širina prostore (m)	Dužina prostorije (m)	S o b n i i n d e k s					
3,05	3,05- 4,25	H	I	J	J	-	-
	6,10- 9,15	G	H	I	J	-	-
	12,80-18,30	F	G	H	I	-	-
5,20	6,10- 9,15	F	F	G	H	-	-
	12,80-18,30	E	E	F	G	J	J
	18,30-33,50	E	E	F	G	J	J
7,30	9,15-12,80	D	E	F	G	J	J
	12,80-18,30	D	D	E	F	I	J
	18,30-27,45	D	D	E	F	I	J
11,00	18,30-27,45	C	C	C	E	H	J
	27,45-42,65	B	C	C	D	G	I
	42,65-60,95	B	C	C	D	F	H
15,25	18,30-27,45	A	B	C	C	F	H
	27,45-42,65	A	A	C	C	F	G
	42,65-60,95	A	A	C	C	E	G
	60,95 i više	A	A	C	C	E	G
22,85	18,30-27,45	A	A	A	B	E	G
	27,45-42,65	A	A	A	B	E	F
	42,65-60,95	A	A	A	B	D	F
	60,95 i više	A	A	A	B	D	F

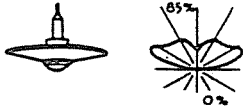
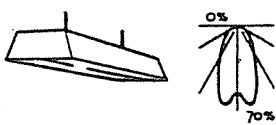
Tablica 10-4

Svetiljke sa sijalicama sa vlaknom i sijalicama sa živom	Faktor održa- vanja (K)	Sobni indeks	Koeficijenti iskorišćavanja (η)
	0,70	J	0,40 - 0,36
		I	0,48 - 0,43
		H	0,51 - 0,48
		G	0,55 - 0,51
		F	0,58 - 0,53
		E	0,60 - 0,56
		D	0,64 - 0,59
		C	0,65 - 0,60
		B	0,54 - 0,61
		A	0,66 - 0,62
Svetiljka za visoke prostorije			
	0,75	J	0,37 - 0,28
		I	0,46 - 0,37
		H	0,50 - 0,43
		G	0,54 - 0,47
		F	0,58 - 0,50
		E	0,62 - 0,56
		D	0,67 - 0,60
		C	0,69 - 0,62
		B	0,72 - 0,62
		A	0,74 - 0,67
Kupolasti reflektor RLM			
	0,75	J	0,35 - 0,26
		I	0,44 - 0,35
		H	0,48 - 0,40
		G	0,51 - 0,44
		F	0,54 - 0,47
		E	0,59 - 0,52
		D	0,63 - 0,57
		C	0,65 - 0,58
		B	0,68 - 0,62
		A	0,69 - 0,63
Posrebrana koritasta svjetiljka			
	0,70	J	0,34 - 0,29
		I	0,42 - 0,36
		H	0,45 - 0,41
		G	0,48 - 0,44
		F	0,51 - 0,46
		E	0,54 - 0,49
		D	0,57 - 0,53
		C	0,59 - 0,53
		B	0,60 - 0,55
		A	0,61 - 0,56
Posrebrana kupasta svjetiljka			

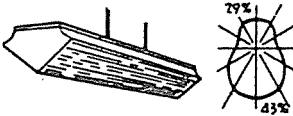
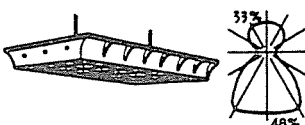
Nastavak tablice 10-4

 Svetiljka obložena staklom	0,70	J I H G F E D C B A	0,23 - 0,14 0,29 - 0,18 0,33 - 0,21 0,37 - 0,23 0,40 - 0,26 0,44 - 0,29 0,48 - 0,32 0,51 - 0,34 0,55 - 0,37 0,57 - 0,39
 Prozirne staklene ili plastične kugle	0,65	J I H G F E D C B A	0,18 - 0,07 0,23 - 0,07 0,26 - 0,10 0,30 - 0,12 0,32 - 0,13 0,36 - 0,15 0,40 - 0,17 0,42 - 0,18 0,46 - 0,20 0,48 - 0,21
 Staklena ili metalna indirek- tna svetiljka	0,60	J I H G F E D C B A	0,15 - 0,04 0,19 - 0,05 0,22 - 0,06 0,25 - 0,08 0,27 - 0,08 0,31 - 0,10 0,34 - 0,11 0,36 - 0,12 0,40 - 0,14 0,42 - 0,14

Tablica 10-5

Fluorescentne svetiljke	Faktor održavanja (K)	Sobni indeks	Koeficijenti iskorišćenja (η)
 Posrebrljena zdelasta svetiljka sa plitkim štitom	0,75	J I H G F E D C B A	0,17 - 0,04 0,21 - 0,06 0,25 - 0,07 0,28 - 0,08 0,31 - 0,09 0,35 - 0,11 0,39 - 0,13 0,41 - 0,14 0,46 - 0,15 0,48 - 0,16
 Reflektor od sjajnog metala	0,75	J I H G F E D C B A	0,40 - 0,36 0,48 - 0,43 0,51 - 0,48 0,55 - 0,51 0,58 - 0,53 0,60 - 0,56 0,64 - 0,59 0,65 - 0,60 0,65 - 0,61 0,66 - 0,62
 Fluorescentna svetiljka RLM	0,75	J I H G F E D C B A	0,37 - 0,28 0,46 - 0,37 0,50 - 0,43 0,54 - 0,47 0,58 - 0,50 0,62 - 0,56 0,67 - 0,60 0,69 - 0,62 0,72 - 0,65 0,74 - 0,67
 Upuštena koritasta svetiljka	0,75	J I H G F E D C B A	0,32 - 0,25 0,40 - 0,33 0,43 - 0,37 0,46 - 0,41 0,48 - 0,43 0,52 - 0,47 0,56 - 0,51 0,57 - 0,52 0,60 - 0,55 0,61 - 0,56

Nastavak tablice 10-5

	0,65	J	0,23 - 0,14
		I	0,28 - 0,19
		H	0,31 - 0,21
		G	0,35 - 0,24
		F	0,38 - 0,26
		E	0,42 - 0,29
		D	0,45 - 0,32
		C	0,48 - 0,33
		B	0,51 - 0,36
		A	0,53 - 0,38
Klinasta staklena svetiljka			
	0,70	J	0,34 - 0,26
		I	0,41 - 0,32
		H	0,45 - 0,35
		G	0,50 - 0,38
		F	0,52 - 0,40
		E	0,55 - 0,42
		D	0,59 - 0,45
		C	0,60 - 0,46
		B	0,62 - 0,47
		A	0,64 - 0,48
Elastični sjajni reflektor			

Tablica 10-6

Sijalica sa usijanim vlaknom "Mazda C"			
W	Tip	Broj lumena	Vek (h)
50	220 - 230 V	480	1000
75		700	
100		1250	
150		1800	
200		2950	
300		4850	
500		8750	
750		13500	
1000		19500	
Sijalice sa živom "Mazda H"			
100	H4	3500	1000
250	H2	7500	2000
400	H1	16000	2000
1000	H6	65000	75
Fluorescentne sijalice "Mazda F"			
15		495	2500
20		730	2500
30		1200	2500
40		1700	2500
65		1800	2000
100		3350	2000

11. SITUACIONI PLAN

Situacioni plan predstavlja raspored u okviru jedne jedinstvene organizacione celine objekata visoke gradnje, saobraćajnica, energetskih postrojenja i razvodnih mreža instalacija u zavisnosti od mesta i konfiguracije zemljišta.

Redosled projektovanja obuhvata dve faze:

A. Idejno rešenje situacionog plana – predstavlja idealizovani optimalni raspored objekata, saobraćajnica, energetskih i drugih postrojenja. Izradjen je na osnovu funkcionalnih zavisnosti pojedinih objekata.

B. Glavni projekat situacionog plana – ovaj projekat se radi na osnovu gotovih projekata pojedinih objekata i postrojenja. Predstavlja detaljno rešenje rasporeda pojedinih objekata sa definisanim uzajamnim vezama i odnosima izmedju pojedinih objekata, saobraćajnica, energetskih i drugih postrojenja.

Podaci neophodni za izradu situacionog plana:

- raspoloživa veličina terena,
- geodetski snimak terena,
- podaci o klimatskim i hidrometeorološkim uslovima,
- podaci o geomehničkom karakteru zemljišta,
- sastav preduzeća u pogledu organizaciono-tehničke strukture,
- opšta šema tehnološkog procesa,
- količine materijala koje se kreću kroz proces,
- veličina svih objekata sa naznačenom namenom i opštim karakteristikama,
- podaci o postojećim objektima u blizini i mogućnosti povezivanja sa njima,
- stepen štetnosti i opasnosti fizičko-hemijskih emisija pojedinih faza obrada i instalacija, i
- statičko-dinamički uticaji mašinskog parka i transportnih uređaja.

Proizvodni tok određuje raspored zgrada na terenu. Pojedine zgrade se postavljaju jedna prema drugoj po redosledu tehnološkog procesa. Pri tome treba voditi računa da se što više skrate transportni putevi. Rastojanje između zgrada treba tako izabrati da se omogući dobro osvetljenje i provetravanje svih prostorija. Najmanja rastojanja su propisana građevinskim propisima. Prilikom postavljanja situacionog rešenja treba viditi računa o mogućnosti proširenja fabrike (slika 11-1 i 11-2 /52/, /58/.

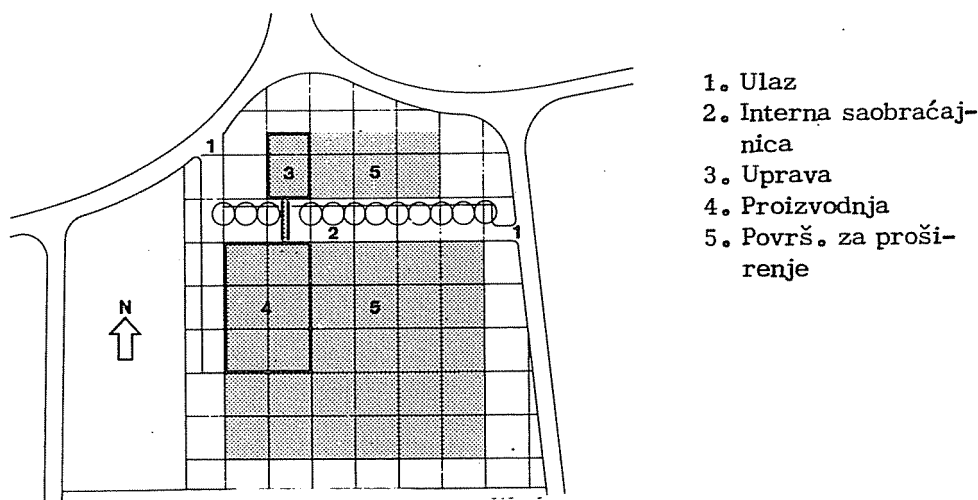
Pri razmeštanju objekata u okviru industrijskog kompleksa pojedini objekti se grupišu u zone prema tehnološkim karakteristikama i nameni. Podela na zone je neophodna da se obezbedi normalni tok proizvodnje dobrom organizacijom prostora i da se izdvajanjem odredjenih grupacija postigne potrebna izolacija pojedinih objekata i na taj način se spreče neposredni uzajamni uticaji.

Razlikuju se tri osnovne zone:

- proizvodna zona - obuhvata sve radioničke prostore proizvodnih odeljenja i pomoćnih radionica i objekata, skladišta i postrojenja koja obezbeđuju uslove rada u okviru ove zone,

- energetska zona - sadrži objekte u kojima se proizvodi ili prerađuje energija namenjena za opsluživanje proizvodnje i obezbeđenje uslova rada,

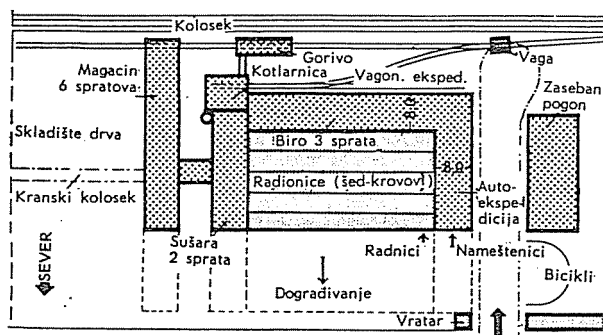
- zona pratećih službi - uprava, tehnički biroi, administracija, priprema proizvodnje, garaže, ambulate, restoran itd.



Slika 11 - 1

Postoje tri osnovna načina izgradnje industrijskih kompleksa /10/:

1. Paviljonski sistem (slika 11-3A),
2. Blok sistem (slika 11-3B),
3. Mešoviti sistem (slika 11-3C).



Slika 11 - 2

Kod paviljonskog sistema sve zone su izdvojene u posebne zgrade. Objekti se postavljaju prema tehnološkom procesu. Primenjuje se u teškoj mašinogradnji, metalurgiji, hemijskoj industriji, itd.

Izdvajanjem pojedinih radnih sredina u posebne objekte postiže se dobra izolacija i tako se sprečavaju svi nepogodni međusobni uticaji - prenošenje buke, vibracija i potresa.

Radionički prostori paviljonskih kompleksa su obično izduženog oblika sa relativno uzanim poljima. Ovaj oblik omogućuje bočno uvođenje dnevne svetlosti u radionički prostor i obezbeđuje efikasnost provetravanja prostorija. Kod ovog sistema obezbeđeno je lako proširenje svake zgrade po - naosob ne ometajući proizvodnju.

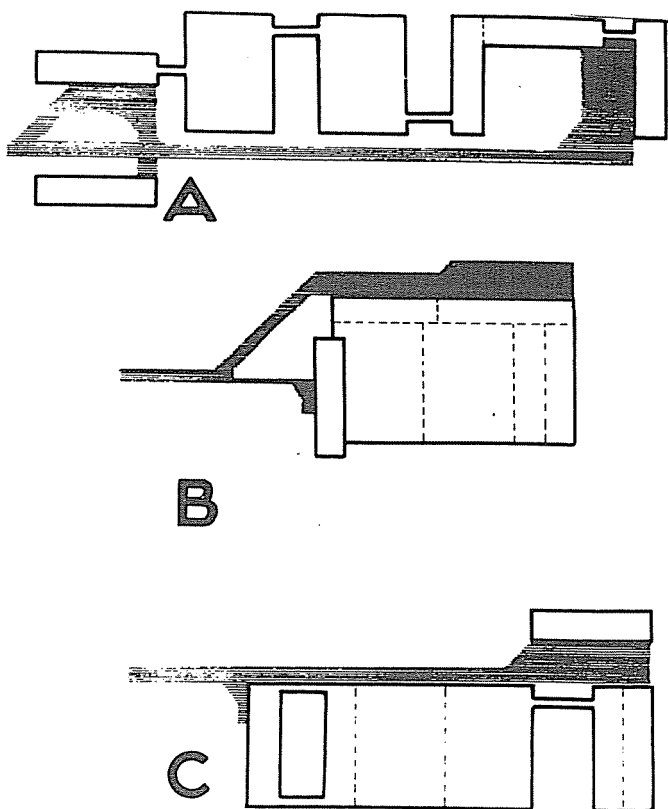
Osnovne karakteristike paviljonskog sistema:

- zahteva veliku površinu zemljišta,
- mreža instalacija je razgranata i dugačka,
- nepovoljna organizacija transporta i kretanje ljudstva, i
- otežan nadzor i upravljanje proizvodnjom.

Kod blok sistema izgradnje sve zone su smeštene u jednu kompaktnu celinu. Arhitektonski posmatrano to su veliki prizemni ili spratni jedinstveni objekti.

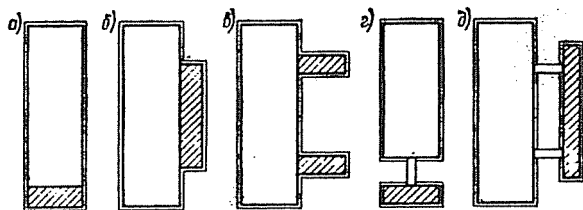
Osnovne karakteristike blok sistema:

- koristi ga prvenstveno laka preradjivačka industrija,
- kratki transportni putevi,
- racionalno korišćenje raspoloživog terena,
- za postavljanje blok sistema neophodni su ravni tereni,
- spoljne komunikacije između pojedinih odeljenja su isključene,
- otežana etapa izgradnja,



Slika 11 - 3

- povoljan je kada je potrebno klimatizovati sredinu, i
- olakšan nadzor i upravljanje proizvodnjom, s obzirom da je cela proizvodnja smeštena u jedinstveni prostor.



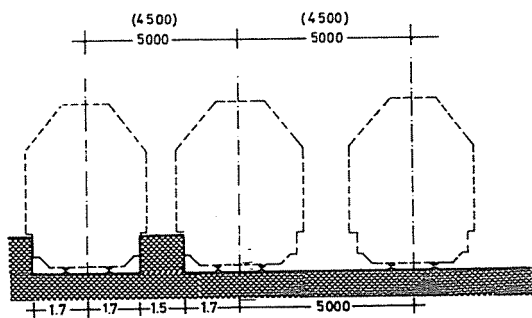
Slika 11 - 4

Mešoviti sistem je kompromisno rešenje koje treba da ublaži nedostatke oba sistema i iskoristi njihove prednosti.

Položaj objekta pratećih službi u odnosu na proizvodna odeljenja je prikazan na slici 11-4.

11.01. Odredjivanje veličine terena

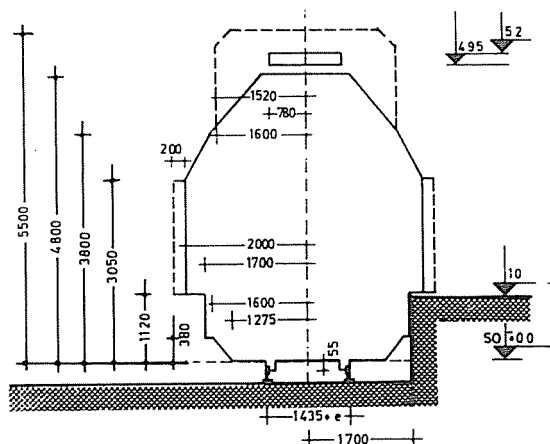
Veličina terena na kome se postavlja fabrika odredjuje se u zavisnosti od površine potrebne za postavljanje zgrada, prolaza, železničkih koloseka i drugih saobraćajnica. Prethodno je neophodno rešiti projekat industrijskih železničkih koloseka, zato što oni obično zauzimaju mnogo mesta usled velikih radijusa krivina. Najpovoljnije rešenje se dobija kada se zgrade postavljaju pod uglom u odnosu na glavni industrijski kolosek. Često se jedan krak industrijskog koloseka uvodi u halu, tako da se omogućuje istovar vagona dizalicama. Prostor potreban za postavljanje industrijskog koloseka je dat na slikama 11-5 i 11-6.



Slika 11 - 5

Najmanji poluprečnici krivina kod železničkih priključaka (pruge u industrijskom kompleksu - v. sliku 11-7):

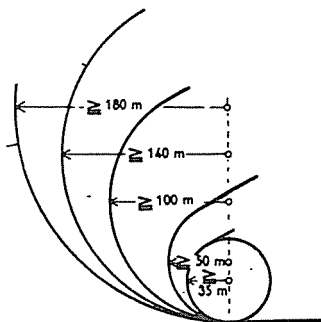
- | | |
|--|-------|
| - po kojima se kreću lokomotive sa glavne pruge | 180 m |
| - po kojima se kreću vagoni sa osovinskim razmakom 4,5 m i lokomotive za sporedne pruge | 140 m |
| - po kojima se kreću vagoni sa osovinskim razmakom ispod 4,5 m (manevarski kolosek) | 100 m |
| - za manevarski kolosek po kome se kreću vagoni sa dve osovine, sa osovinskim rastojanjem 6,5 do 8 m | 50 m |
| - za manevarski kolosek po kome se kreću vagoni sa dve osovine sa osovinskim rastojanjem manjim od 6,5 m | 35 m |



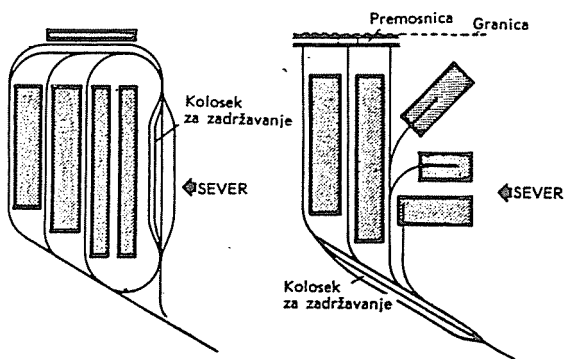
Slika 11 - 6

Ugao skretnice – ugao pod kojim se vrši skretanje sa koloseka izn-
osi: 1:12; 1:10; 1:9 ili 1:7,5.

Na slici 11-8 su dati primeri izvodjenja fabričkih koloseka sa kosim prilazom glavnog koloseka /52/.



Slika 11 - 7



Slika 11 - 8

Pored železničkih koloseka i putevi znatno utiču na određivanje ukupne površine terena za postavljanje fabričkih hala i ostalih pomoćnih zgrada. Mreža puteva mora da bude funkcionalna, ekonomična i da omogućuje perspektivno proširenje pogona. Sve zgrade moraju da imaju izgrađene prilaze.

Širina puteva u (m):

- za jednosmerni saobraćaj	4,0
- za dvosmerni saobraćaj	6,0
- pešačka staza, najmanje	1,2
- pešačka staza, obična	1,5
- pešačka staza kod intenzivnog saobraćaja	2,0

Primer rešenja ulaza u fabriku, za jednosmeran i dvosmeran saobraćaj je dat na slici 11-9.

Na slici 11-10 je dat potreban prostor za parkiranje teretnih vozila, a na slici 11-11 za parkiranje putničkih vozila (sve mere su date u metrima). Šrafirana površina označava potreban prostor po jednom vozilu za manevrisanje i parkiranje.

Na slici 11-12 je dat prostor potreban za manevrisanje i parkiranje tegljača.

Na slikama 11-13 do 11-15 su dati najmanji poluprečnici krivina i neophodan prostor potreban za okretanje teretnih vozila (sve mere su date u metrima).

Na slici 11-16 su prikazana različita rešenja rampi za istovar kamiona (sve mere su date u santimetrima). Na slici 11-17 je dat izgled kombinovane rampe za istovar kamiona i vagona, a na slici 11-18 rešenje unutrašnje rampe za istovar teretnih vozila (mere su date u santimetrima).

Pri razmeštaju objekata u okviru datog industrijskog kompleksa posebnu pažnju treba obratiti na minimalna odstojanja (L) od susednih zgrada koja su uslovljena pravilnim uvođenjem dnevne svetlosti u radioničke i druge prostore:

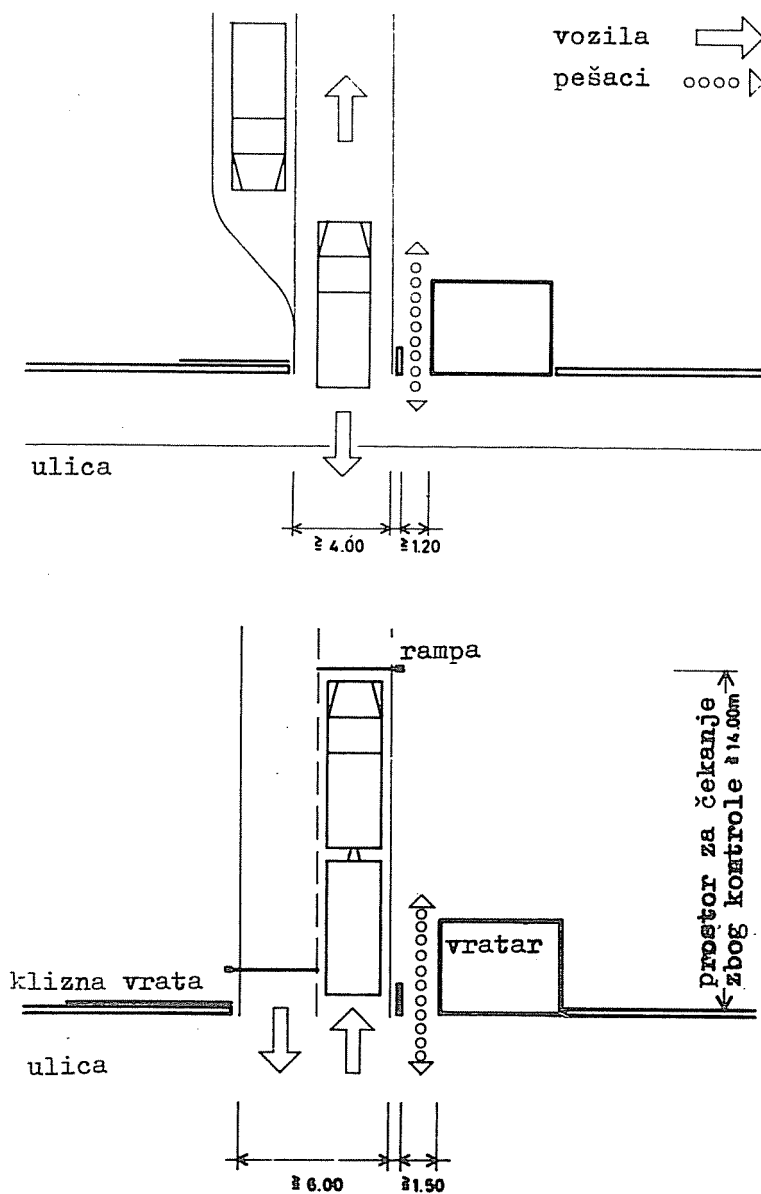
$$L_{\min} = 2 H$$

gde je (H) visina višeg objekta. U literaturi je preporučeno da ovo odstojanje ne bude manje od 20 m.

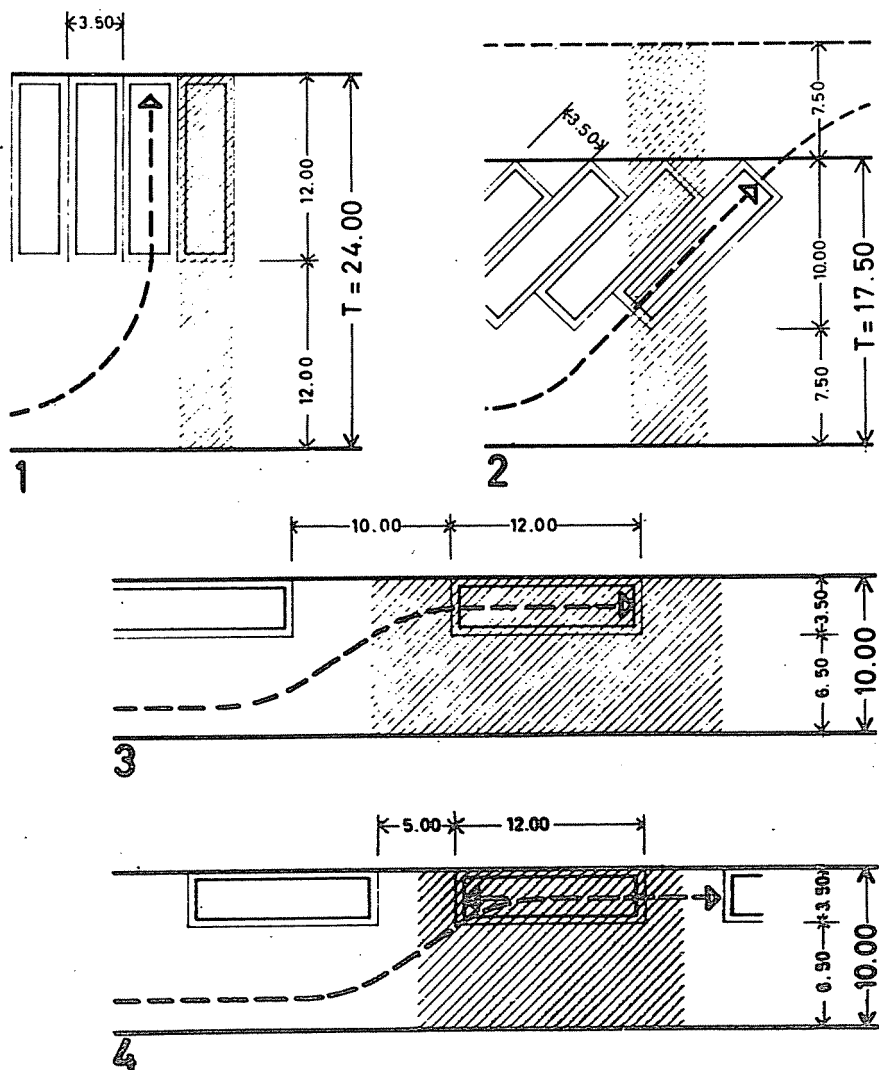
Orijentacija pojedinih zgrada prema stranama sveta se izvodi u zavisnosti od namene datog prostora, vodeći pri tome računa o zahtevima prirodno osvetljavanja prostorije i zaštite radnih mesta od prekomernog helio-termičkog dejstva.

11.02. Položaj datog objekta u odnosu na druge zgrade fabrike (industrijskog kompleksa)

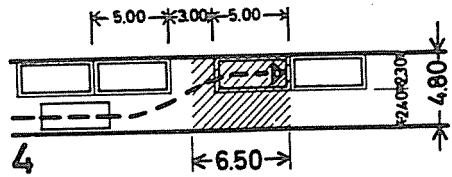
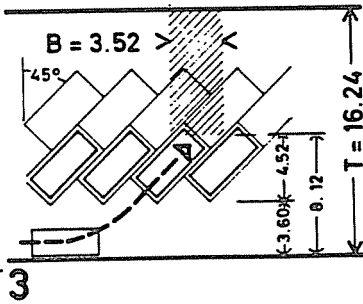
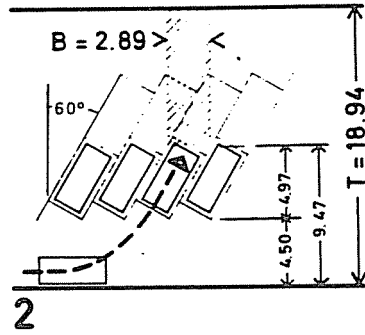
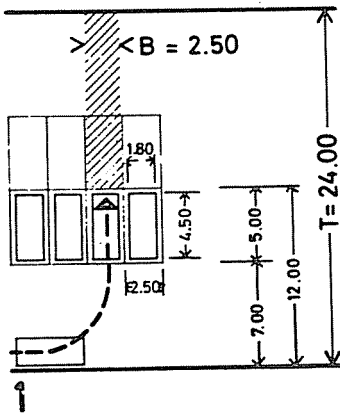
Postavljanje industrijskih objekata u kojima se razvijaju uticaji štetni po okolinu zavisi od niza faktora (vrste industrije, proizvodnog programa, obima proizvodnje, primenjene tehnologije, opreme itd.) i količine



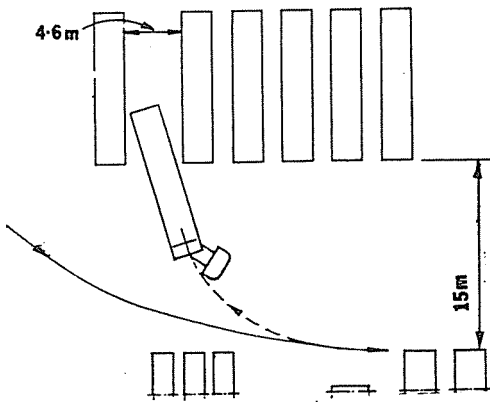
Slika 11 - 9



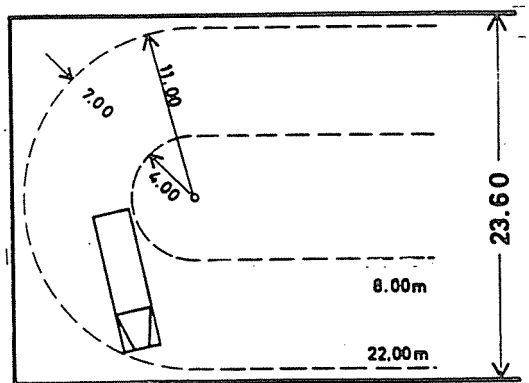
Slika 11 - 10



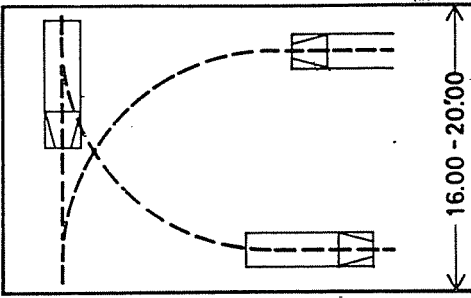
Slika 11 - 11



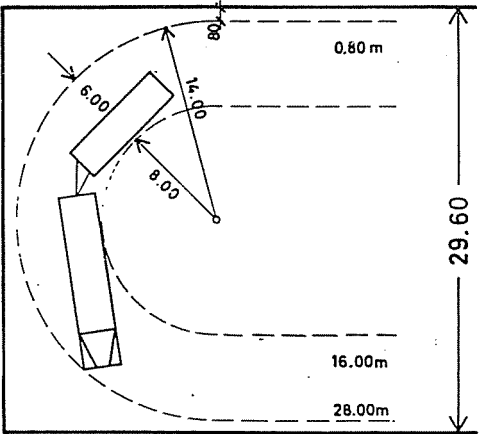
Slika 11 - 12



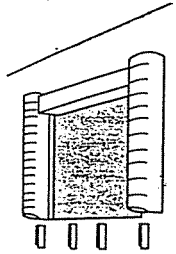
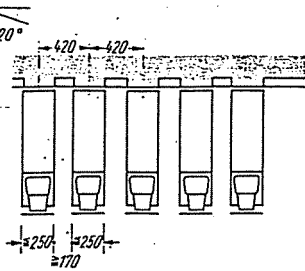
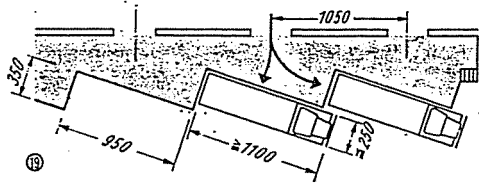
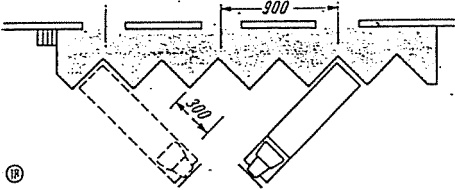
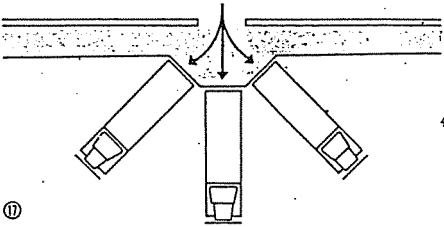
Slika 11 - 13



Slika 11 - 14



Slika 11 - 15

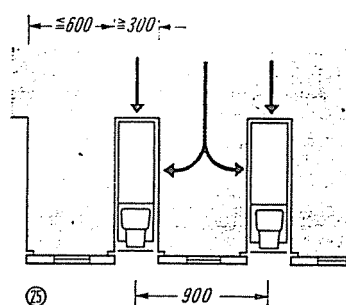
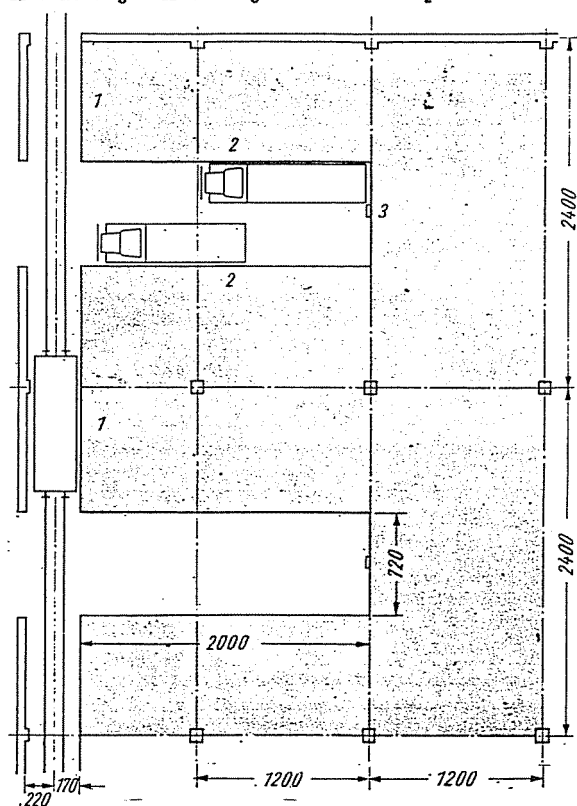


Slika 11 - 16

štetnih fizičko-hemijskih emanacija (gasovi, para, prašina, buka, potresi, vibracije, mirisi itd.).

Zgrade ovih pogona treba postaviti "niz vetar" u odnosu na zgrade drugih radionica, a kod potresa i vibracija obezbediti dovoljno odstojanje da se ovi uticaji eliminišu. Pravci dominantnih strujanja vetrova se dobijaju iz tzv. "ruže vetrova".

Pri postavljanju pogona u kojima se razvijaju štetne fizičko-hemijske emanacije u blizini naseljenih mesta treba voditi računa o sanitarno-zaštitnoj zoni da bi se sprečilo zagađivanje. Veličina ove zone se određuje u zavisnosti od programa i obima proizvodnje. Pregled radijusa dopiranja štetnih uticaja industrije na okolinu prema Reichow /10/ je dat na slici 11-19.

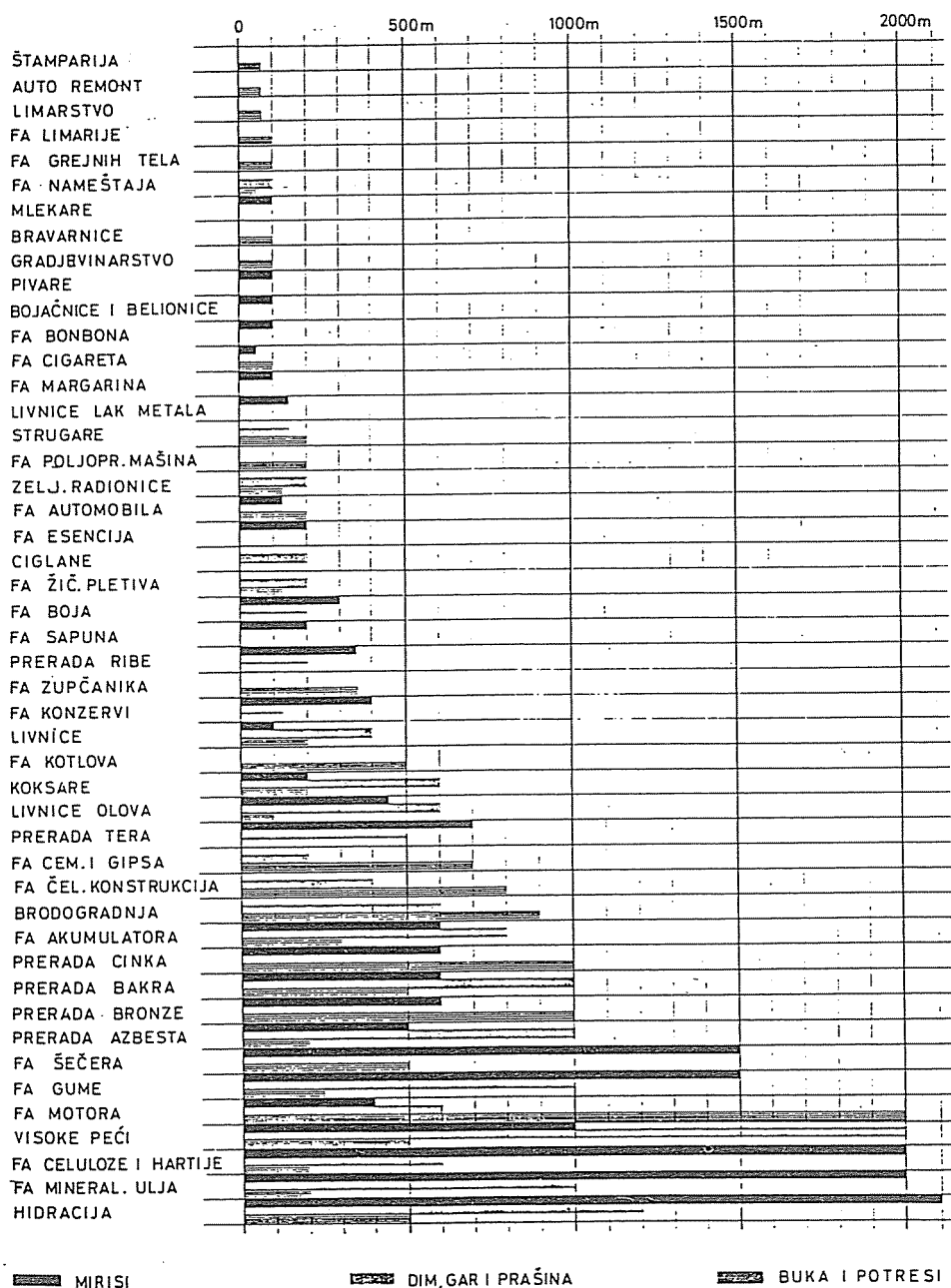


Slika 11 - 18

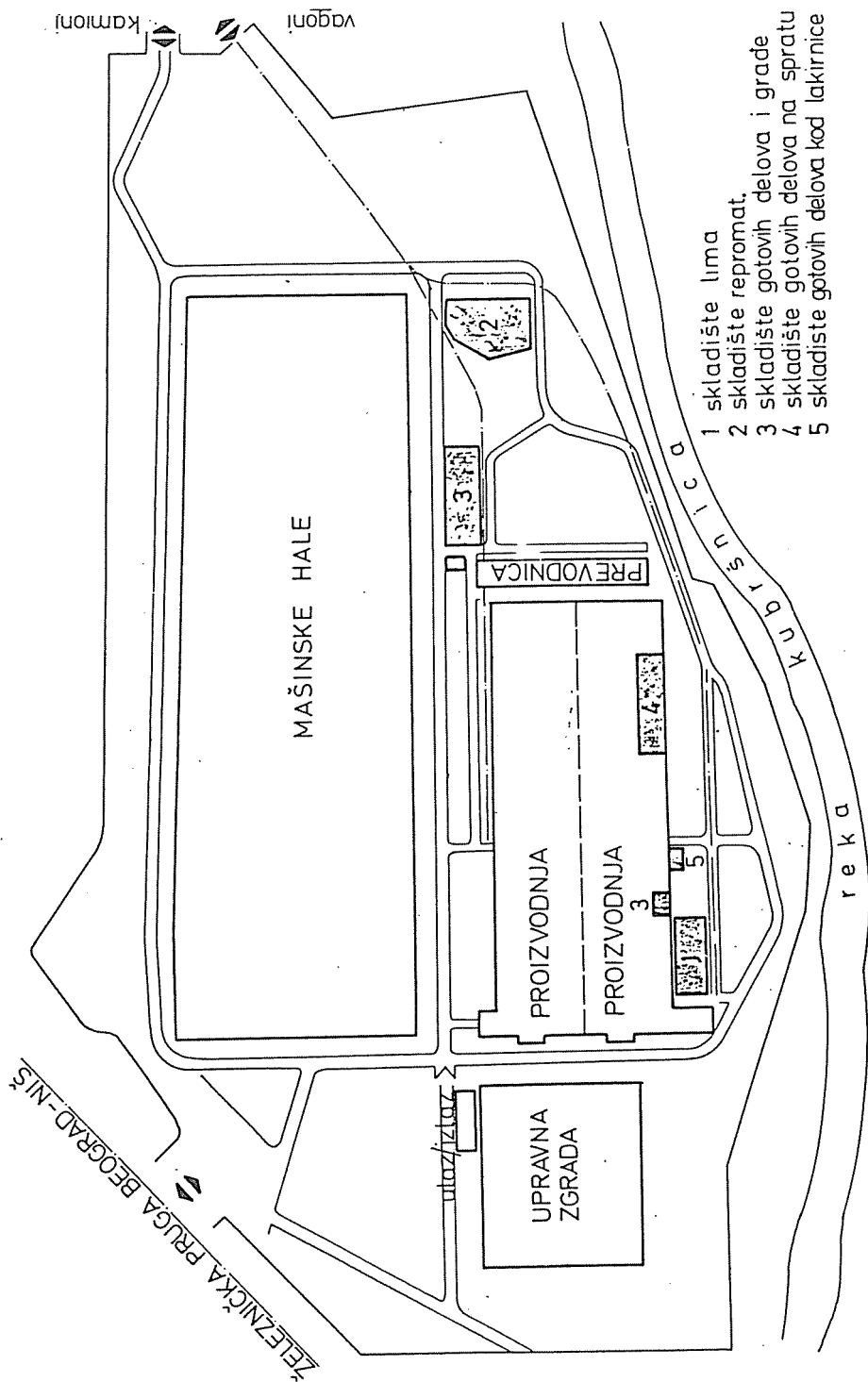
Slika 11 - 17

11.03. Primeri

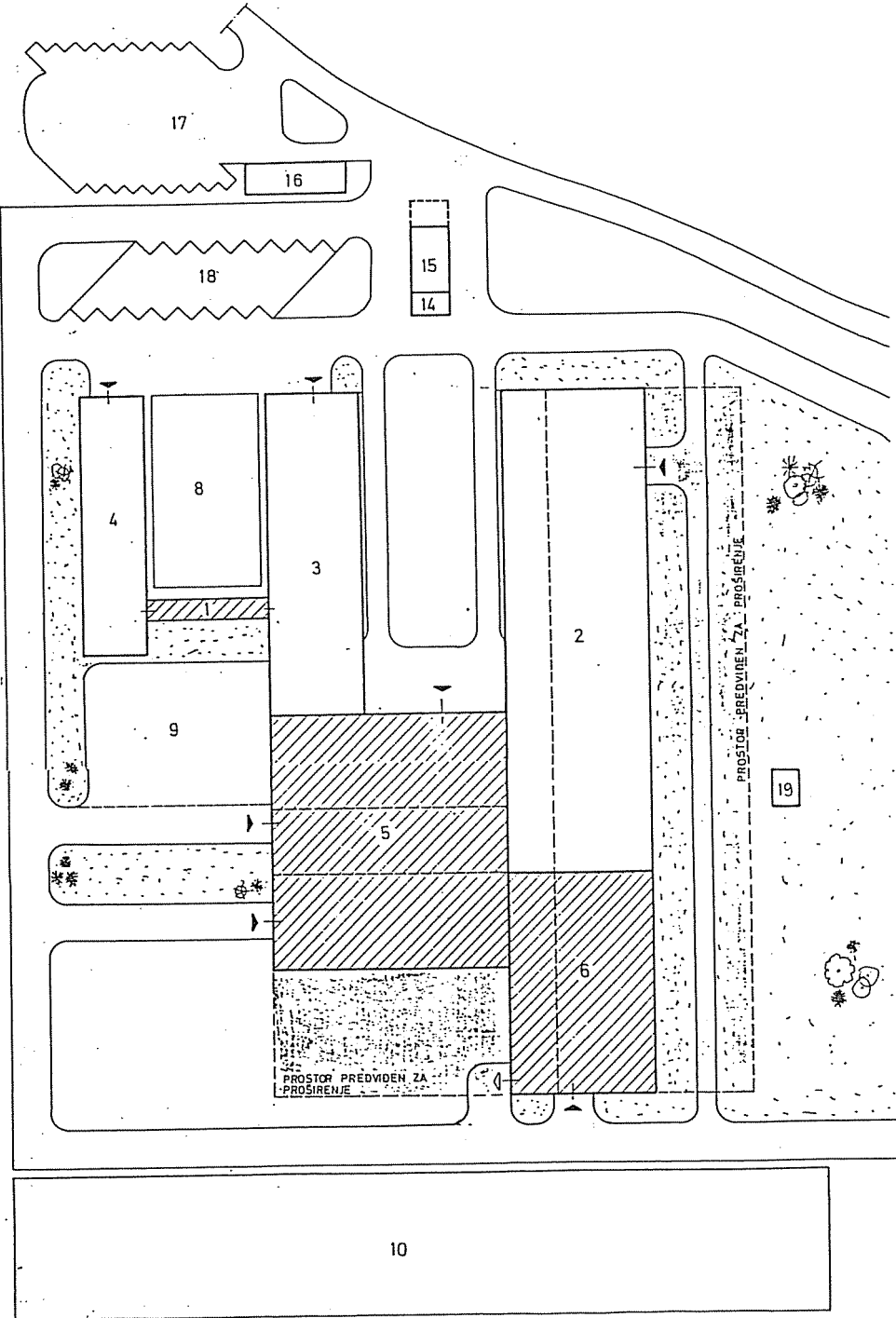
Na slici 11-20 je dat primer situacionog plana fabrike sa naznačenim skladištima repro-materijala, gotovih delova i gradje. Situacioni plan predstavlja deo projekta rekonstrukcije pomenutih skladišta i rešenja medjupogonskog transporta /31/. Na slici 11-21 je prikazan situacioni plan fabrike poljoprivrednih i kamionskih prikolica. Ograničenje pri izboru rešenja su predstavljale postojeće hale (2,3 i 4). Šrafirana površina (5 i 6) označava položaj novoizgradjenih hala.



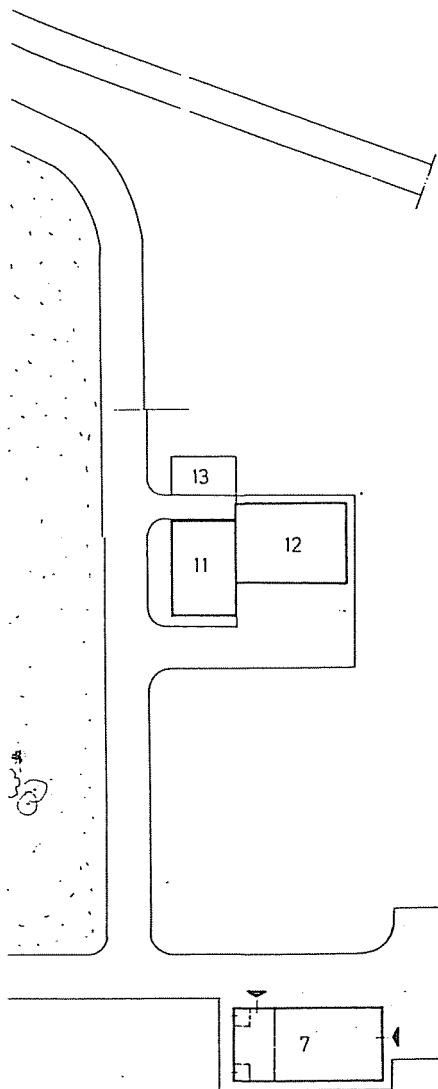
Slika 11 - 19



Slika 11 - 20



Slika 11 - 21



LEGENDA :

- 1 TOPLI PROLAZ - NOVOPROJEKTOVANO
- 2 ODELJENJE MONTAŽE
- 3 ODELJENJE PRIPREME
- 4 MAŠINSKO ODELJENJE
- 5 ODELJENJE ZA ZAVARIVANJE I SKLADIŠTE - NOVOPROJEKTOVANO
- 6 PRODUŽETAK ODELJENJA MONTAŽE - NOVOPROJ.
- 7 SKLADIŠTE ZAPALJIVOG MATERIJALA I SKLADIŠTE BOCA
- 8 SKLADIŠTE REPRO MATERIJALA
- 9 SKLADIŠTE ALATA I REZERVNO SKLADIŠTE REPRO MATERIJALA
- 10 SKLADIŠTE GOTOVIH PROIZVODA
- 11 KOTLARNICA
- 12 SKLADIŠTE ZA UGALJ
- 13 DEPONIIJA ZA ŠLJAKU
- 14 POŽARNI HIDRANT
- 15 PORTIRNICA
- 16 NASTREŠNICA ZA BICIKLE
- 17 PARKING ZA PUTNIČKA VOZILA
- 18 PARKING ZA TERETNA VOZILA
- 19 KOMPRESORSKA STANICA

Nastavak slike 11 - 21

12. SPECIFIČNOSTI LAYOUT-A FLEKSIBILNE PROIZVODNJE

Literatura koja se bavi problemom projektovanja fleksibilnih proizvodnih sistema relativno malo pažnje posvećuje procesu formiranja layouta i primeni odgovarajućih modela za razmeštaj opreme. Posebno treba napomenuti da su objavljeni podaci o izvedenim objektima uglavnom uopšteni i da retko sadrže značajne tehnološko ekonomske pokazatelje.

Projektovanje layout-a fleksibilne proizvodnje sadrži izvesne specifičnosti vezane za raspored lokacija (proizvodnih čelija, opreme i radnih mesta). Osnovne postavke formiranja layout-a su date u poglavlju 3 (posebno 3.07), tako da će se navesti samo neki posebni uticaji o kojima projektant mora da vodi računa pri razmeštaju opreme i rešavanju sistema kretanja materijala.

U literaturi su prisutne različite definicije fleksibilne proizvodnje počev od grupa integrisane proizvodne oprema pa do integralnih sistema proizvodnje. Sa gledišta projektovanja layout-a najviše bi odgovarala definicija: "sistem procesa integrisan automatskim sistemom transporta čiji je osnovni cilj proizvodnja sa kontinualnim tokom pri malim veličinama serija i visokim stepenom fleksibilnosti koji treba da zadovolji stalne promene tržišnih zahteva". Pri tome zahtevana fleksibilnost treba da omogućiti:

- široki asortiman proizvoda,
- promene asortimana u datim granicama,
- promene u dizajnu i konstrukciji proizvoda,
- promene u obimu proizvodnje (veličine serija) za dati deo,
- dinamično dodeljivanje delova mašinama zavisno od njihovog statusa,
- dinamično dodeljivanje radne snage uskim grlima, itd.

To znači, da je uloga projektanta sistema da integriše:

- proizvodnu opremu,
- transportna sredstva,
- skladišnu opremu, i
- opremu za kompjutersko upravljanje.

Posebno treba naglasiti da i sam layout obuhvata prostor za poboljšanje u metodama, kvalitetu i korišćenju resursa.

12.01. Dispozicija pogona

Osnovni princip formiranja layout-a je da razmeštaj opreme sledi tokove materijala i da pri tome usvojeni sistem transporta definiše glavne transportne puteve.

U fleksibilnim proizvodnim sistemima znatno se reducira korišćenje viljuškara u pogonima tako da dolazi do izmene klasičnog layout-a sa dugačkim i širokim hodnicima, odnosno glavnim saobraćajnicama koje povezuju sve faze proizvodnje (na pr. rešenje na slici 12-1). Proizvodnja po prirodi postaje čelijska tako da je dispozicija pogona isto razvijena u obliku slova "U" ili "O" (slika 12-2 prikazuje layout "U" oblika).

Pored tendencije za smanjenjem zaliha u fleksibilnoj proizvodnji, što dovodi i do redukcije skladišnog prostora, automatizacija proizvodnje zahteva i odgovarajući sistem skladištenja koji je integrisan u proizvodni proces. Osnovna ideja za primenu ovog modela je mogućnost direktnog transporta materijala od skladišnih lokacija do radnih mesta i obratno, odnosno skladište postaje integralni deo proizvodnog pogona.

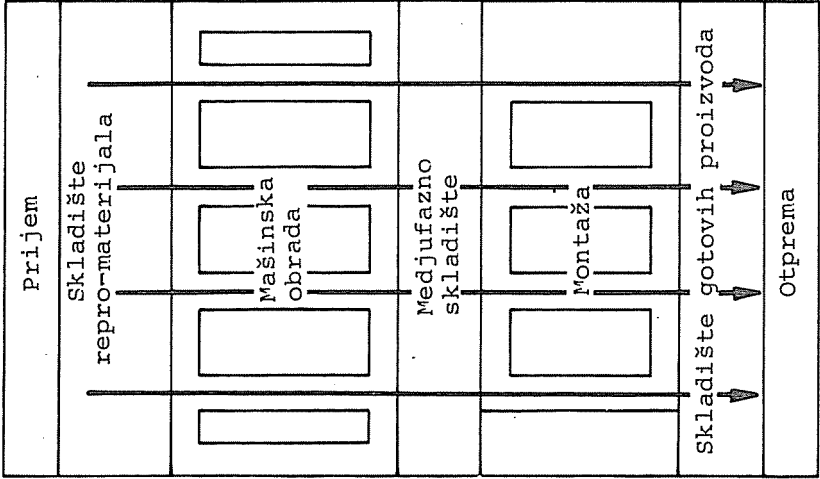
Osnovni oblici ovakvog modela su sledeći /40/: skladišni prostor je postavljen bočno u odnosu na proizvodni pogon (slika 12-3), ili je postavljen između dva proizvodna pogona (slika 12-4). Treba napomenuti, da skladište može da bude direktno vezano sa proizvodnjom ili preko sistema za komisioniranje (na pr. kod montaže).

Posebna prednost integrisanja skladišta u proizvodni sistem je mogućnost postavljanja proizvodnih pogona u više nivoa. U tim slučajevima skladište služi za čuvanje repromaterijala, gotove robe, gotovih proizvoda i kao međufazno skladište. To znači, da pored svoje osnovne namene preuzima i funkciju transportnog sistema. (Slika 12-4).

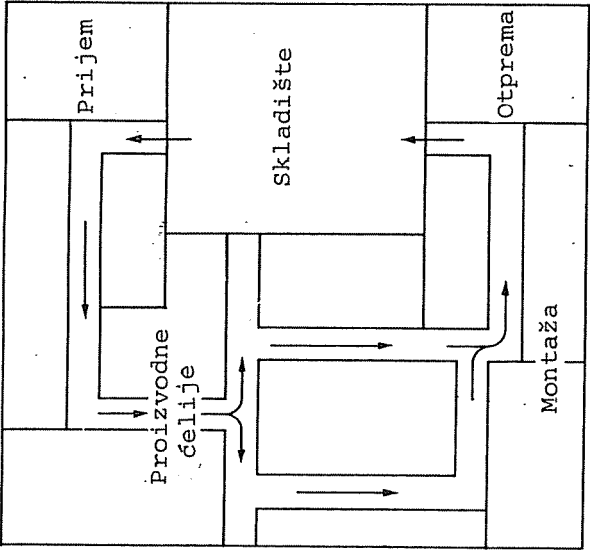
Na slici 12-5 je dato rešenje pogona fabrike Murata Machinery (v. dijagram na slici 3-18). Fleksibilni sistem se sastoji od devet obradnih centara i visoko-regalnog skladišta povezanih robo-kolicima. Visoko regalno skladište ima 288 paletnih mesta i služi za čuvanje repro-materijala, radnih predmeta posle pojedinih operacija (medjuskadište) i gotovih proizvoda.

12.02. Radna mesta

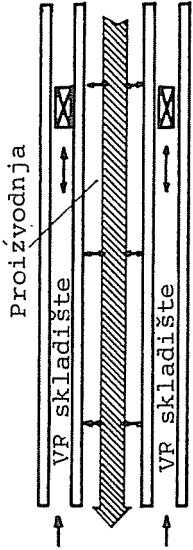
Radna mesta takodje teže "U" ili "O" obliku tako da radnik može da opslužuje više mašina i mogu da se automatizuju manipulativne operacije koje se često ponavljaju, teške ili opasne za radnike. Fizička blizina radnih mesta smanjuje manipulaciju i omogućuje eventualnu pomoć između pojedinih radnika.



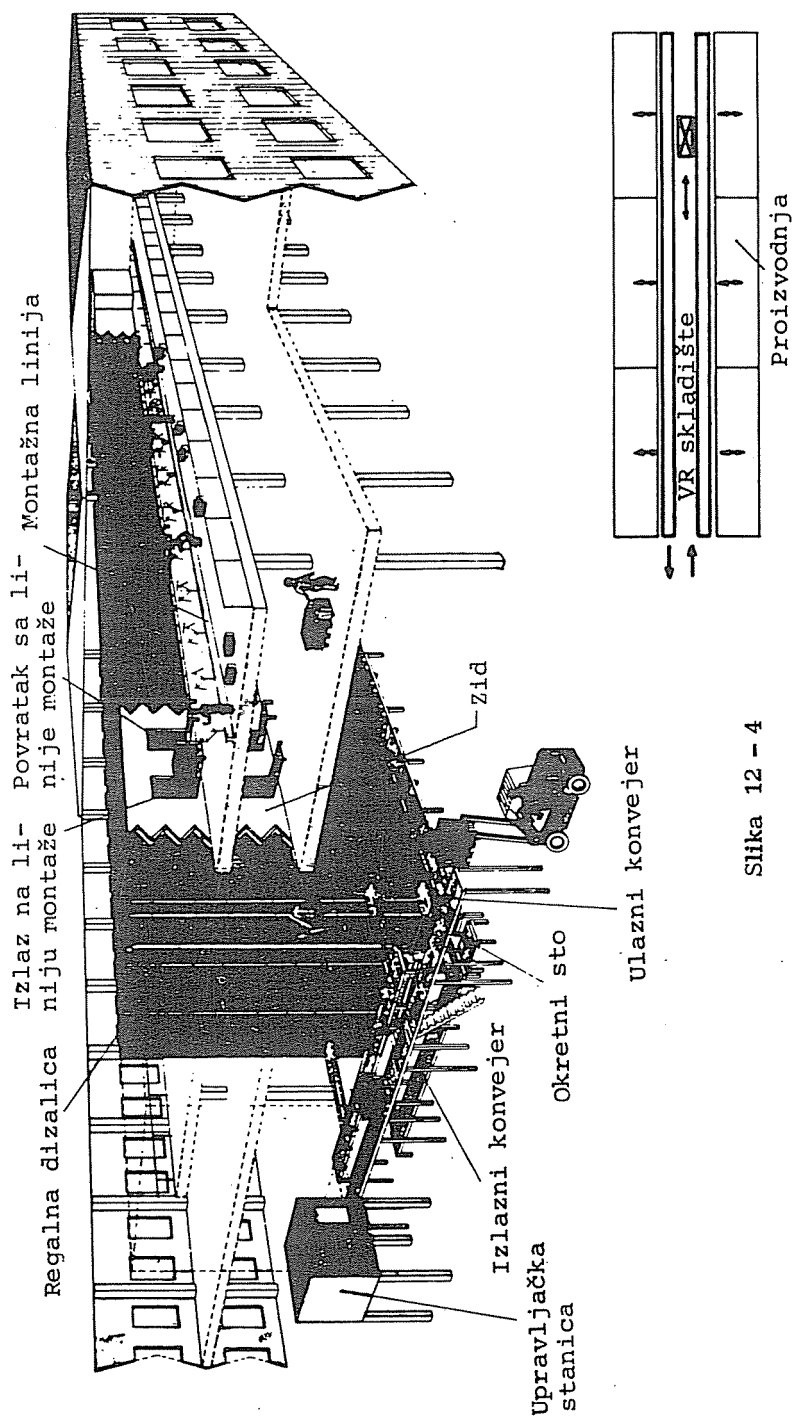
Slika 12 - 1



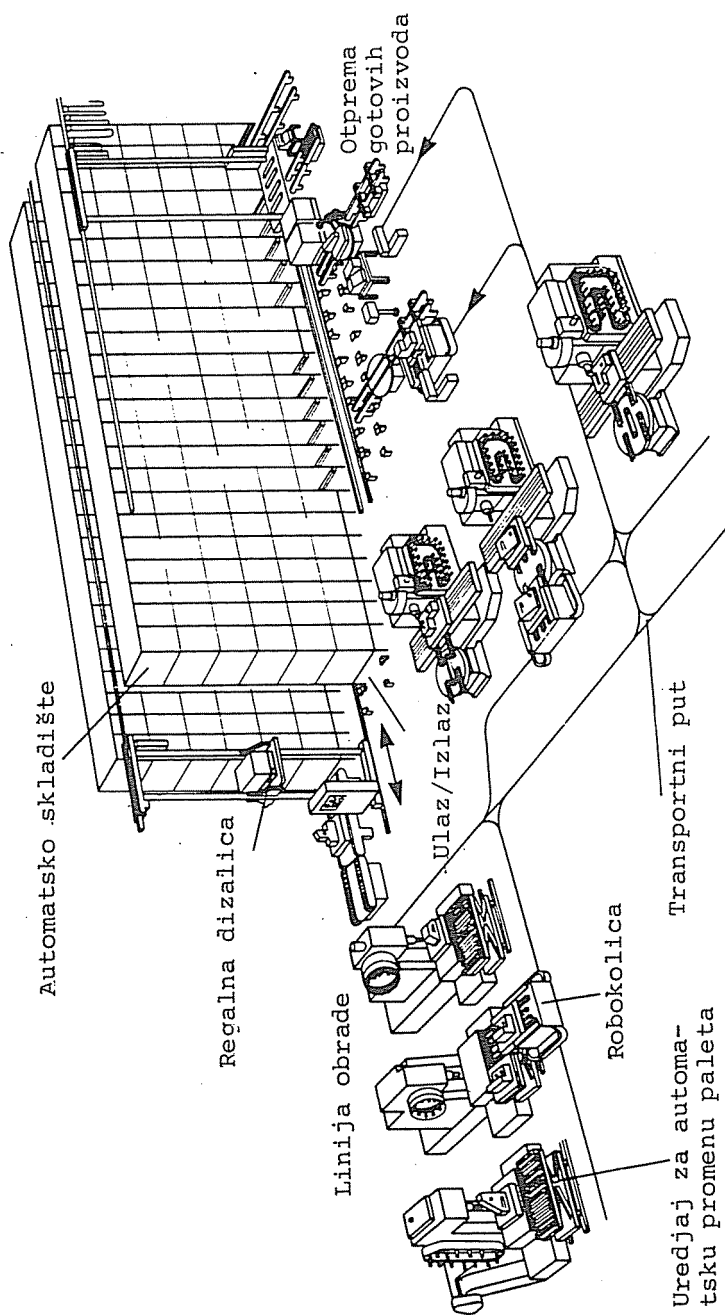
Slika 12 - 2



Slika 12 - 3



Slika 12 - 4



Slika 12 - 5

Na slici 12-6 je prikazan izgled radnog mesta sa tri mašine (U" oblik). Materijal se doprema i otprema konvejerom. Manipulaciju u okviru radnog mesta obavlja radnik, s tim što se predviđa mogućnost ugradjivanja robota. Na slici 12-7 je prikazan sistem TOSHIBA za obradu delova alatnih mašina. Sastoji se od dva obradna centra povezana paletnim karuselom sa dva automatska uredjaja za izmenu paleta. Sistem radi u tri smene sa po jednim radnikom u smeni.

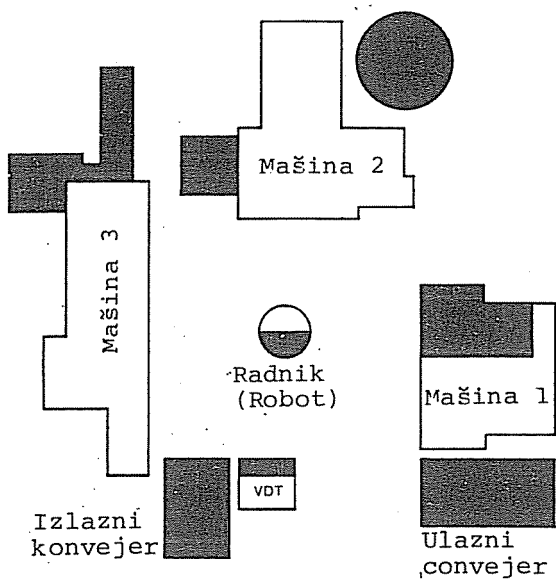
Postavljanje radnih mesta na montaži je obično prilagodjeno sistemu transporta (na pr. robokolica - AGVS ili sistem fleksibilnih konvejera) i zahtevanom stepenu fleksibilnosti (postiže se najčešće promenljivim vremenom takta).

Vreme takta klasične montažne linije je konstantno, što prouzrokuje razne negativne efekte (v. poglavlje 3). Kod grupne montaže vreme takta je promenljivo, specifikacija poslova u okviru takta je znatno šira i postoji mogućnost promene radnog mesta u okviru date grupe. Takt može da varira u širokim granicama, na pr. u fabrici Volvo u Kalmar-u vremetakta se kreće u granicama od 16 - 40 min. Pored promenljivog vremena takta, usvajanje takta koji duže traje utiče na fleksibilnost izvodjenja radnih zadataka. Naravno, pored navedenih uticaja i sam transportni sistem znatno utiče na formiranje layout-a.

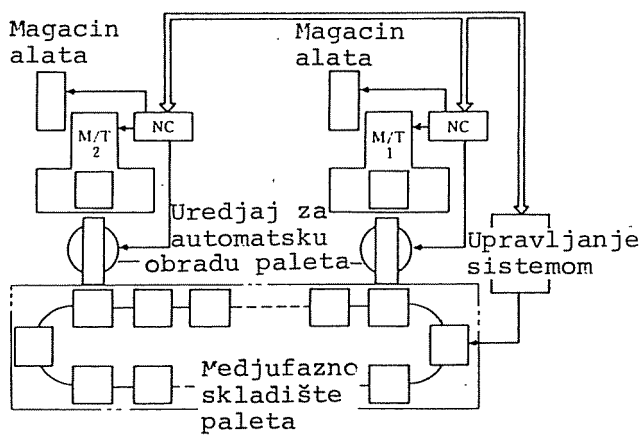
U fleksibilnim sistemima montaža može da se izvede na dva načina: postavljanjem grupa u seriju ili paralelno (slika 12-8A). U fabrici Volvo rad jednog tima se deli u okviru četiri ili pet grupa koje se postavljaju u seriji (slika 12-8B), kada radnici prate robokolica od stanice do stanice i pri tome završavaju celokupan obim poslova dodeljen datom timu, ili se formiraju paralelne grupe (slika 12-8C), kada se ceo obim poslova završava na jednom radnom mestu.

Na slikama 12-9 i 12-10 je prikazan izgled radnih mesta za montažu putničkog automobila (Volvo; sistem robokolica DIGITRON). Na slici 12-11 je prikazana osnova dela fabrike Volvo u Kalmar-u. Visoko-regalno skladište se nalazi u centralnom delu zgrade i integrisano je u proces sistemom robokolica.

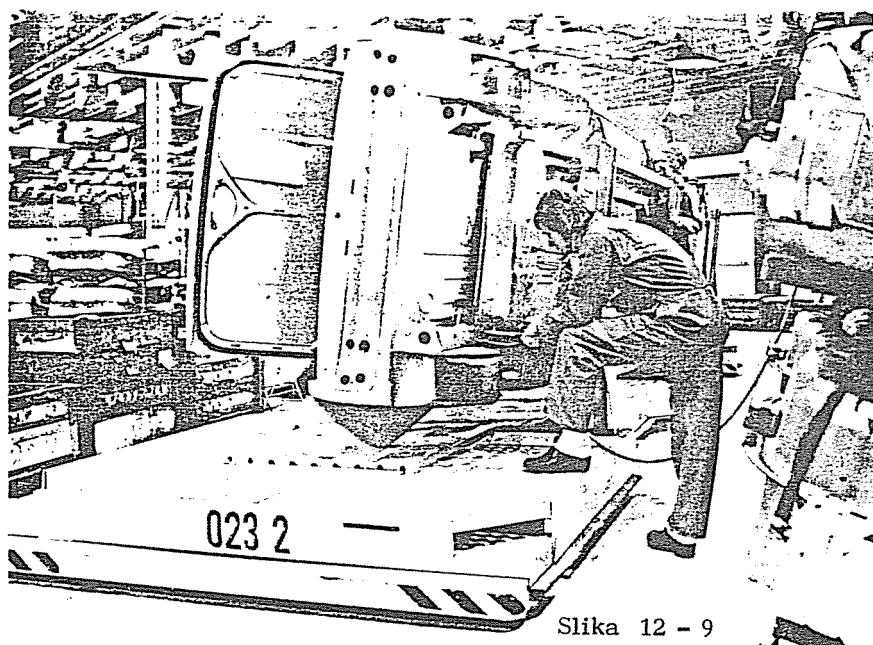
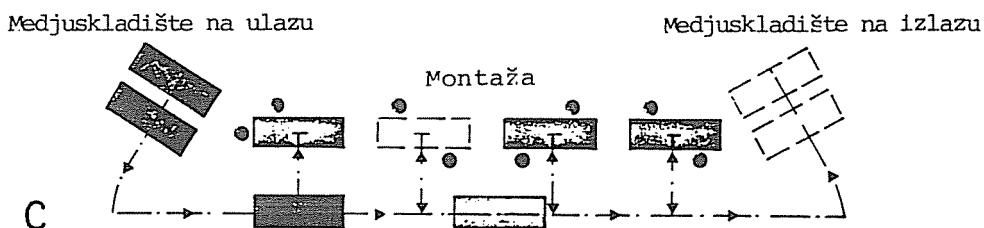
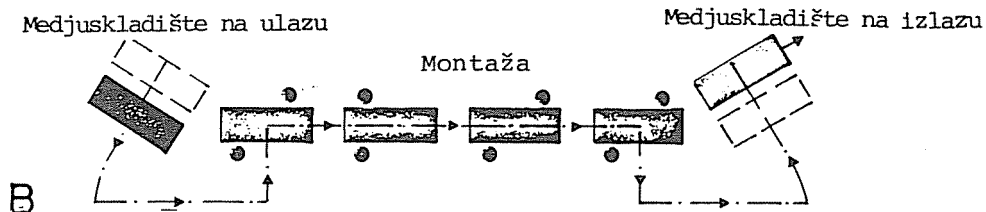
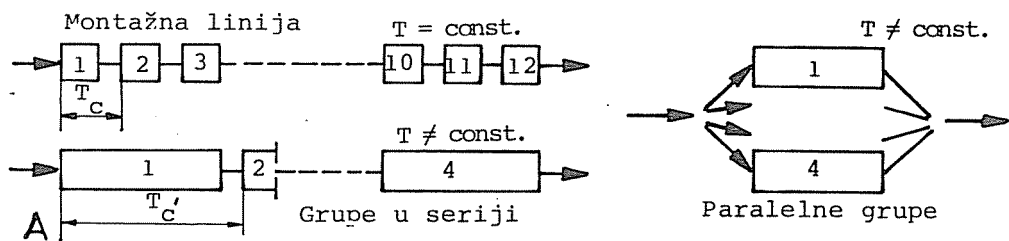
Oblik i lokacija odeljenja i radionica za opsluživanje proizvodnje se takodje prilagodjava jedinstvenom sistemu transporta. Na slici 12-12 se navodi kao primer rešenje stanice za ispitivanje motora (FIAT i Alfa Romeo). Na slici 12-13 je dat izgled odeljenja za montažu i ispitivanje televizora - rešenje fabrike SATAFIM SpA. Fleksibilni transportni uredjaji se vode mehanička iako se sistemom upravlja kompjuterski.



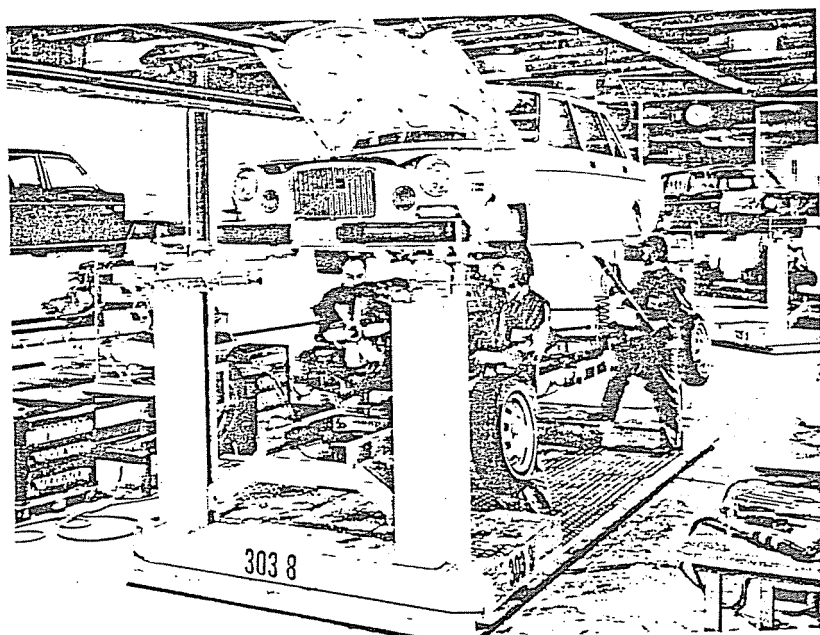
Slika 12 - 6



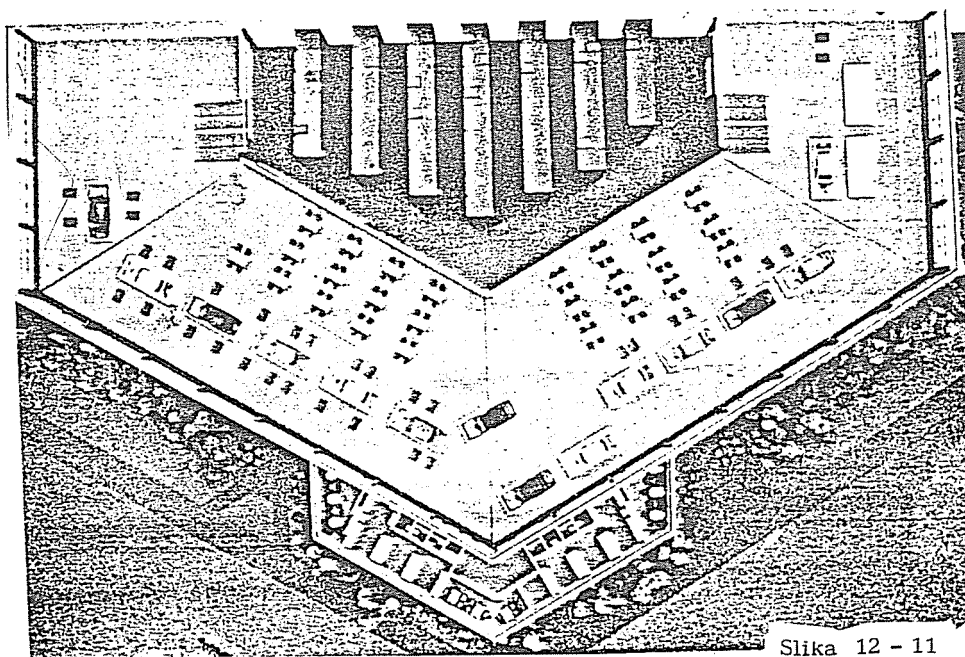
Slika 12 - 7



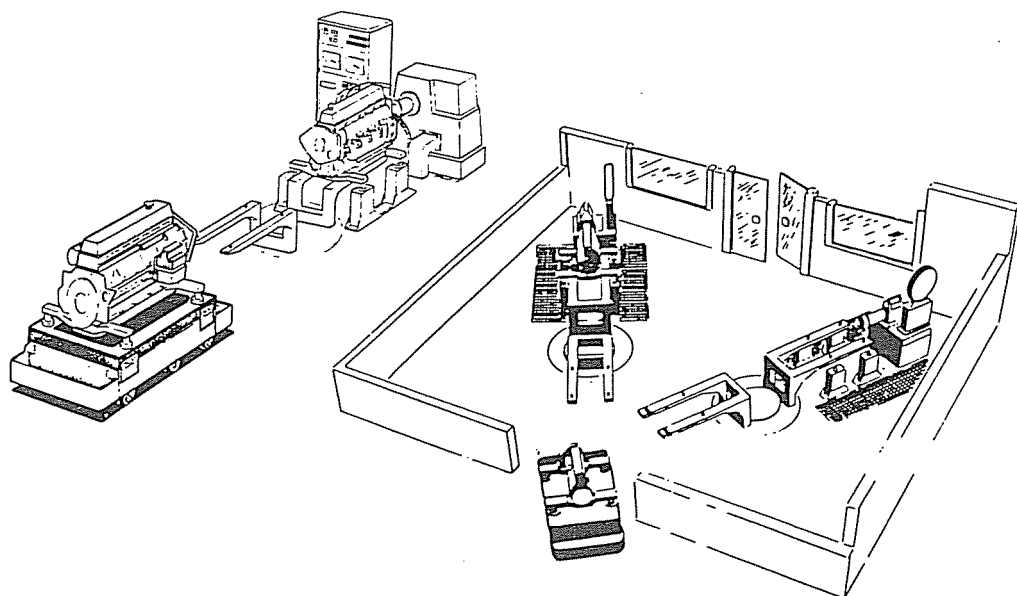
Slika 12 - 9



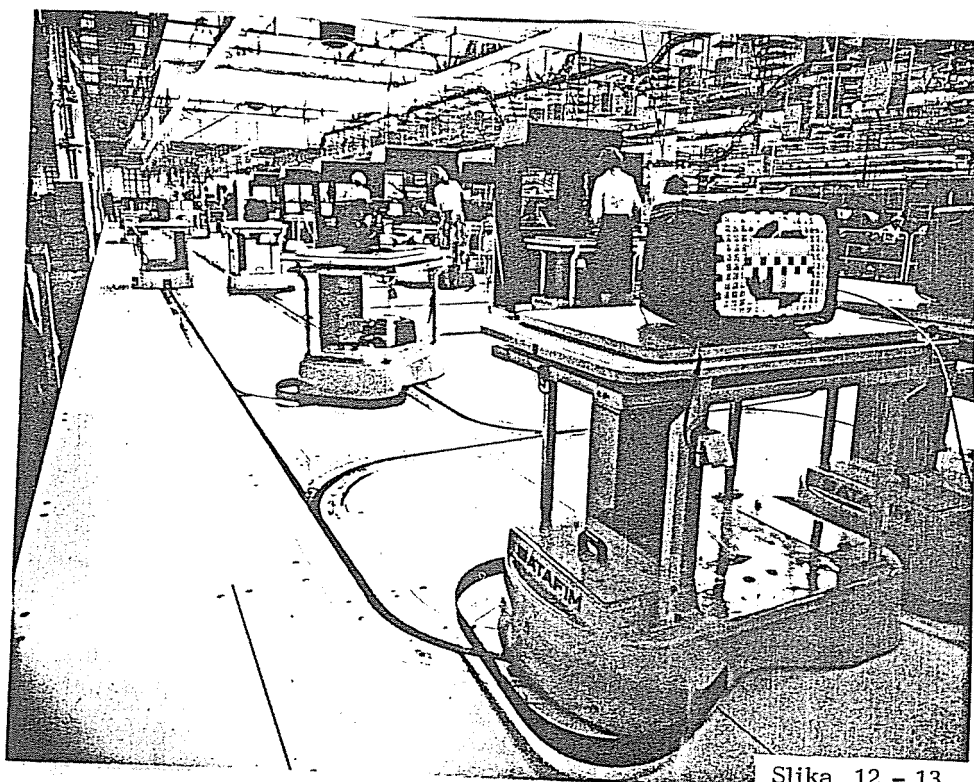
Slika 12 - 10



Slika 12 - 11



Slika 12 - 12



Slika 12 - 13

L I T E R A T U R A

1. Ajzenberg: Proektirovanie mašinstroitel'nyh zavodov, Moskva 1961.
2. Apple, J.: Plant layout and materials handling, the Ronald Press Company, New York 1950.
3. Armour, G.C., Buffa, E.S.: A heuristic algorithm and simulation approach to relative location of facilities, Management Science 9, No.1, 1963.
4. Bazaraa, M.: Computerized Layout Design, AIIE Transactions 7, No.4, December 1975.
5. Bogner, M. i dr.: Zbirka propisa u mašinstvu, Gradjevinska knjiga, Beograd 1983.
6. Vlasov, B.V., i dr.: Organizacija vspomogatel'nyh služb mašinstroitel'no zavoda, Moskva 1966.
7. Galjcov: Normirovanie i osnovi naučnoi organizacii truda v mašinstroenii, Moskva 1968.
8. Gaston, G.K.: Facility Layout Optimizes Space, Minimizes Cost, Industrial Engineering, may 1984.
9. Görsch und Riege: Materialfluss in der Einzelfertigung des Maschinenbaues, Wiesbaden 1958.
10. Damjanović, V.: Industrijski kompleksi i zgrade, Beograd 1972.
11. Djatkov, S.V.: Arhitektura promišlennih zdannii, Moskva 1984.
12. Egorov M.: Osnovi proektirovanija mašinstroitel'nyh zavodov, Moskva 1959.
13. El-Rayah, T.E., Hollier, R.H.: A Review of Plant Design Techniques, The International Journal of Production Research, Vol. 8, No. 3, 1970.
14. Zrnić Dj.: Uputstvo za projektovanje mašinskih i montažnih radionica, Beograd 1967.
15. Zrnić, Dj.: Priručnik za projektovanje radionica, Beograd, 1969.

16. Zrnić, Dj.: A method for planning materials handling system in warehousing, Proc. of the 3rd International Conference on Automation in Warehousing, IFS (Conferences) Ltd, Chicago 1979. (USA).
17. Zrnić, Dj.: A Metod of Planning Materials Handling Systems in Warehousing, Proc. of the 3. rd ICAW - Part 2, Stratford - Upon - Avon, June 1980.
18. Zrnić, Dj.: Idejno tehnološko rešenje distributivnog centra TRO "BETEKs" u Leštanima, sa skladištem za 10.000 paleta, u okviru projekta: Idejno tehnološko rešenje poslovno-distributivnog centra u TRO "BETEKs" u Leštanima, Mašinski fakultet, radjeno za "Arhitektura i urbanizam" preduzeće za projektovanje i inženjering, Beograd 1980.
19. Zrnić, Dj.: Idejno tehnološki projekat skladišta repro materijala i gotovih proizvoda, Mašinski fakultet, radjeno za SOUR "Krušik" Valjevo, Beograd, 1981.
20. Zrnić, Dj.: Idejni tehnološki projekat skladišta hemikalija, Mašinski fakultet, radjeno za SOUR "Krušik" Valjevo, Beograd 1981.
21. Zrnić, Dj.: Idejni tehnološki projekat skladišta gotovih proizvoda za uskladištenje plastičnih cevi, Mašinski fakultet, radjeno za RO "Plastika" - Osečina, Beograd 1981.
22. Zrnić, Dj.: Idejni tehnološki projekat skladišta repro materijala i gotovih proizvoda, Mašinski fakultet, radjeno za RO "Plastika" - Osečina, Beograd 1981.
23. Zrnić, Dj.: Idejno rešenje paletizacije opeka i transporta paleta, Mašinski fakultet, radjeno za "Magnohrom", Kraljevo, Beograd 1983.
24. Zrnić, Dj.: Desing of a bulk-cargo terminal System for a steel works, using simulation modeling, 1st International Congress in France, INDUSTRIAL ENGINEERING AND MANAGEMENT, Tome 2, (AFCET, CEFI, GGI), Ecole Centrale des Arts et Manufactures, Chatenay Malabry (Paris) 1986.
25. Zrnić, Dj., Veličković, Ž., Kovačević, B., Pavlović, M., Murar, I., Frkanec, M.: Studija procesa i mašinsko tehnološki projekat fabrike za proizvodnju poljoprivrednih i kamionskih prikolica - I faza, Mašinski fakultet, redjeno za GIO "Napredak" - T. Vrbas, Beograd, 1983.
26. Zrnić, Dj., Veličković, Ž., Živković, J., Ćorluka, H.: Mašinsko tehnološki projekat fabrike za proizvodnju poljoprivrednih i kamionskih prikolica - II faza: Priprema, Mašinska obrada,

Održavanje opreme i alata, Mašinski fakultet, radjeno za GIO "Napredak" - T. Vrbas, Beograd 1983.

27. Zrnić, Dj., Kajgo, D., Djokić, R., Petrović, D.: Tehno-ekonomska studija transportno-manipulativnog sistema unutar Metalurškog kombinata, Smederevo, IES, CIP i Mašinski fakultet, Beograd, 1985.
28. Zrnić, Dj., Kovačević, B., Pavlović, M., Murar, I., Frkanec, M., Krupčević, S.: Studija procesa i mašinsko tehnološki projekat fabrike za proizvodnju poljoprivrednih i kamionskih prikolica - II faza; Zavarivanje sklopova, Površinska zaštita, Montaža, Mašinski fakultet, radjeno za GIO "Napredak", T. Vrbas, Beograd 1983.
29. Zrnić, Dj., Pavlović, M., Perušinović, B.: Projektovanje linije za montažu poljoprivrednih i kamionskih prikolica, 8. stručni skup o transportnim procesima, SMEITS, Beograd 1984.
30. Zrnić, Dj., Petrović D., Gašić, M., Krupčević, S.: Studija postojećeg stanja unutrašnjeg transporta u fabrici opeka, radjeno za "Magnohorm", Kraljevo, Mašinski fakultet, Beograd, 1982.
31. Zrnić, Dj., Petrović, D.: Studija procesa uskladištenja repromaterijala, Projekat skladišta limova, repromaterijala, gotove robe i gradje i međupogonskog transporta, radjeno za fabriku drumskih vozila, OOUR PDV, "GOŠA" Smederevska Palanka, Mašinski fakultet Beograd 1985/86.
32. Zrnić, Dj., Petrović, D.: Projektovanje sistema skladišta i međupogonskog transporta za fabriku Drumskih vozila, 9. Stručni skup o transportnim procesima u Industriji, SMEITS, Beograd, 1986.
33. Zrnić, Dj., Petrović, D.: Analiza Transportno-manipulativnog sistema železare, 9. Stručni skup o transportnim procesima u Industriji, SMEITS, Beograd, 1986.
34. Zrnić, Dj., Popović, M.: Projekat centralnog skladišta, Mašinski fakultet, radjeno za GIO "Napredak" - T. Vrbas, Beograd, 1984.
35. Zrnić, Dj., Prokić, M., Milović, P.: Projektovanje livnica, Univerzitet u Beogradu - Mašinski fakultet, III izdanje, Beograd, 1978.
36. Zrnić, Dj., Prokić, M., Ostrić, D., Krupežević, S.: Projekat postrojenja za regeneraciju peska SHELL MOULDING, kapaciteta 1,25 t/h, radjeno za livnicu "Beograd", Nova livnica "Ralja", Mašinski fakultet, Beograd 1982.
37. Zrnić, Dj., Prokić, M.: Projekat postrojenja za regeneraciju peska CO-LD - BOX i PEP SET, kapaciteta 2,5 t/h, radjeno za livnicu "Beograd" - Nova livnica "Ralja", Mašinski fakultet, Beograd 1982.

38. Zrnić, Dj., Prokić, M.: Projekat postrojenja za oblaganje peska HC - 2000, radjeno za livnicu "Beograd" - Nova livnica "Ralja", Mašinski fakultet, Beograd 1982.
39. Zrnić, Dj., Prokić, M., Milović, P.: Projektovanje livnica, Univerzitet u Beogradu - Mašinski fakultet, IV dopunjeno i prerađeno izdanje, Beograd 1985.
40. Zrnić, Dj., Savić, D.: Workshop - storage, in integrated materials handling system, 6. International Conference on production research, Novi Sad 1981.
41. Zrnić, Dj., Savić, D., Pavlović, M., Perušinić, B.: Problem uravnoteženja montažne linije sa posebnim ograničenjima, Naučno stručni skup Industrijski sistemi - IS '84, Novi Sad 1984.
42. Zrnić, Dj., Savić, D.: Simulacija procesa unutrašnjeg transporta, Univerzitet u Beogradu - Mašinski fakultet, Beograd 1985.
43. Zrnić, Dj., Savić, D.: Simulacija procesa unutrašnjeg transporta, II prošireno i dopunjeno izdanje, Beograd 1987.
44. Jockson, D.: Cell System of Production Business books, London 1978.
45. Kojić, B.: Projektovanje privrednih i industrijskih zgrada I, Beograd 1950.
46. Mallick, R., Gaudrean, A.: Plant Layout, John Wiley and Sons, Inc. London 1957.
47. Maynard, H.B.: Industrial Engineering Handbook, Mc Graw - Hill, New York 1963.
48. Maynard, H.B.: Industrijski inženjering, knjiga IV, Beograd, 1975.
49. Moor, J.M., Lindquist, R.N.: CORELAP, User's Manual, University Boston, 1967.
50. Mosch, H.P. i dr.: Betriebseinrichtung, band I, VT, Berlin 1972.
51. Muther, R.: Systematic Layout Planning, Boston 1961.
52. Neufert, E.: Bau Entwurfslehre, Berlin 1962.
53. Ojher K.F.: Analiz organizaciji vspomagatel'nyh rabot, Moskva 1966.
54. Popović, D.: Fabrička postrojenja, Beograd 1962.
55. Popović, T. i Stojanović, V.: Priručnik za primenu propisa o zaštiti na radu, Beograd 1967.
56. Rockstroh, W.: Technologische Betriebsprojektierung, Grundlagen - Werkstätten, V.T., Berlin 1967.
57. Schmalor, R.: Industrie bauplanung, Werner - Verlag, Düsseldorf 1971.

58. Schmidt, K.: Kompakte Industriegebäude, Band I, Berlin 1964.
59. Tompkins, J.A.: Safety and facilities design, Industrial Engineering, Vol. 8. No. 1, Jan 1976.
60. Falföldi, L.: Anyagmozgatási folyamatok tervezése, MK, Budapest 1976.
61. Fine, W.T.: Mathematical Evaluation for Controlling Hazards, Journal of Safety Research, Vol. 3, No. 4, Dec. 1971.
62. Francis, R.: Facility Layout and Locations, Prentice - Hall, Inc., New Jersey 1974.
63. Buffa, E.: Operations Management, Prentice - Hall Inc., New York 1976.
64. Petrić, J.: Operaciona istraživanja II, Beograd, 1973.
65. Vukadinović, T.: Elementi teorije masovnog opsluživanja, Beograd 1975.
66. Gordon, G.: System Simulation, Prentice - Hall Inc., New York 1978.
67. Hollingum, J.: Japan's industry puts its money into FMS applications, FMS magazine, London, May 1984.
68. Aldep - Automated Layout Design Program for OS/360 IBM, 1969.
69. COFAD - a new approach to computerized layout, Modern Materials Handling, April 1975.
70. Zakon o zaštiti od zagađivanja vazduha.
71. Mašinstroenie XIV, Moskva 1948.
72. Pravilnik o opštim merama i normativima zaštite na radu za građevinske objekte namenjene za radne i pomoćne prostore (Sl. list SFRJ 27/67, 29/67 i 41/68).
73. Time - Saver Standards, New York 1954.
74. Hütte III/1, 1956.