

**Katedra technológií a materiálov, SjF TU v Košiciach**

# **Montáž v automobilovej výrobe**

**Učebný text  
s prezentáciou**

**Ing. Katarína Senderská, PhD.**

**doc. Ing. Vladimír Rudy, PhD.**

**Ing. Albert Mareš, PhD.**



**Košice, 2010**

**ISBN: 978-80-553-0561-5**

# Obsah

<b>Zoznam obrázkov .....</b>	<b>3</b>
<b>Úvod .....</b>	<b>8</b>
<b>1 Základy montáže .....</b>	<b>9</b>
1.1 Montovaný výrobok.....	12
1.2 Design for assembly - DFA.....	20
1.3 Montážna úloha .....	41
1.4 Technické zariadenia v montáži .....	42
1.5 Typy montážnych systémov.....	56
<b>2 Požiadavky na výučbový modul.....</b>	<b>63</b>
<b>3 Montáž sériovo vyrábaného automobilu .....</b>	<b>66</b>
3.1 Procesy montážneho závodu .....	66
3.2 Lisovňa.....	68
3.3 Karosáreň .....	75
3.4 Lakovňa.....	80
3.5 Vlastná montáž .....	86
3.6 Finálna kontrola a testovanie automobilu .....	94
<b>4 Výučbový materiál – prezentácia „Montáž v automobilovej výrobe“.....</b>	<b>98</b>
4.1 Základná štruktúra prezentácie „Montáž v automobilovej výrobe“ .....	98
4.2 Prezentácia „Postavenie montáže vo výrobnom procese“ .....	100
4.3 Prezentácia „Proces výroby automobilu v montážnom závode“ .....	104
4.3.1 Pod prezentácia lisovňa .....	106
4.3.2 Pod prezentácia karosáreň .....	108
4.3.3 Pod prezentácia lakovňa.....	109
4.3.4 Pod prezentácia vlastná montáž .....	111
4.3.5 Pod prezentácia kontrola a testovanie .....	114
4.3.6 Doplnkové snímky .....	116
<b>5 Záver.....</b>	<b>117</b>
<b>Zoznam použitej literatúry .....</b>	<b>118</b>

## Zoznam obrázkov

Obr. 1 Podiel montáže na celkovom výrobnom čase a nákladoch podľa [40] .....	10
Obr. 2 Vplyv rozličných faktorov na straty zisku .....	11
Obr. 3 Zníženie času potrebného pre uvedenie nového výrobku na trh.....	11
Obr. 4 Rozličné typy výrobkov.....	12
Obr. 5 Typy výrob v závislosti od počtu kusov a veľkosti dávky .....	13
Obr. 6 Percentuálne rozloženie produkcie v strojárskom priemysle podľa skupín .....	14
Obr. 7 Veľkosť výrobku a prognóza vývoja podľa [7] .....	15
Obr. 8 Klasifikácia aspektov variantnosti podľa [63] .....	16
Obr. 9 Car configurator firmy Volkswagen [57] .....	17
Obr. 10 Štruktúra zložitého výrobku – automobilu .....	20
Obr. 11 Príklad DFA analýzy [5].....	23
Obr. 12 Printscreen obrazovky softvéru DFA spoločnosti Boothroyd Dewhurst, Inc. ....	25
Obr. 13 Printscreen obrazovky on-line demo ukážky softvéru Avix firmy Solme.....	25
Obr. 14 Formulár analýzy softvérovým modulom PROKON nemeckého zväzu MTM .....	26
Obr. 15 Zmena uzamykacieho systému automobilu .....	27
Obr. 16 Jednoduchá konštrukcia .....	28
Obr. 17 Jasná konštrukcia.....	28
Obr. 18 Diferenciácia a integrácia .....	28
Obr. 19 Princípy systematizácie štruktúry výrobku .....	28
Obr. 20 Príklad diferencovanej konštrukcie výrobku .....	29
Obr. 21 Príklad integrovanej konštrukcie výrobku .....	29
Obr. 22 Bez využitia montážnych skupín.....	30
Obr. 23 S využitím montážnych skupín .....	30
Obr. 24 Príklad spoja - zložitejší variant .....	31
Obr. 25 Príklad spoja - jednoduchší variant .....	31
Obr. 26 Príklad spoja - zložitejší variant .....	31
Obr. 27 Príklad spoja - jednoduchší variant .....	31
Obr. 28 Príklad spoja - zložitejší variant .....	31
Obr. 29 Príklad spoja - jednoduchší variant .....	31
Obr. 30 Príklad spoja - menej vhodný variant .....	32
Obr. 31 Príklad spoja - vhodnejší variant .....	32
Obr. 32 Variant spoja .....	32

Obr. 33 Variant spoja .....	32
Obr. 34 Riešenie č.1 .....	33
Obr. 35 Riešenie č.2 .....	33
Obr. 36 Riešenie č.3 .....	33
Obr. 37 Riešenie č.4 .....	33
Obr. 38 Menej vhodné riešenie .....	33
Obr. 39 Vhodnejšie riešenie polohovania.....	33
Obr. 40 Stredenie súčiastok [51].....	34
Obr. 41 Stredenie súčiastok [51].....	34
Obr. 42 Príklad stredenia súčiastky.....	35
Obr. 43 Príklad stredenia súčiastky.....	35
Obr. 44 Príklad stredenia súčiastky.....	35
Obr. 45 Príklad stredenia súčiastky.....	35
Obr. 46 Príklad stredenia súčiastky.....	35
Obr. 47 Príklad stredenia súčiastky.....	35
Obr. 48 Stredenie na rovinných povrchoch .....	36
Obr. 49 Stredenie na rovinných povrchoch .....	36
Obr. 50 Stredenie na rovinných povrchoch .....	36
Obr. 51 Stredenie na rovinných povrchoch .....	36
Obr. 52 Pôvodný tvar súčiastky .....	37
Obr. 53 Pozmenený tvar súčiastky.....	37
Obr. 54 Pôvodný tvar súčiastky .....	37
Obr. 55 Pozmenený tvar súčiastky.....	37
Obr. 56 Súčiastky zaberajú veľa miesta .....	37
Obr. 57 Súčiastky zaberajú menej miesta.....	37
Obr. 58 Súčiastky zaberajú veľa miesta .....	37
Obr. 59 Súčiastky zaberajú menej miesta.....	37
Obr. 60 Asymetrická súčiastka .....	38
Obr. 61 Symetrická súčiastka .....	38
Obr. 62 Asymetrická súčiastka .....	38
Obr. 63 Súčiastka s výraznou asymetriou .....	38
Obr. 64 Súčiastka bez vodiacej časti.....	39
Obr. 65 Súčiastka s vodiacou časťou .....	39
Obr. 66 Súčiastka bez vodiacej časti.....	39
Obr. 67 Súčiastka s vodiacou časťou .....	39
Obr. 68 Súčiastka bez vodiacej časti.....	39

Obr. 69 Súčiastka s vodiacou časťou .....	39
Obr. 70 Súčiastka bez doplňujúceho tvaru .....	40
Obr. 71 Súčiastka s doplňujúcim tvarom.....	40
Obr. 72 Jeden kus súčiastky.....	40
Obr. 73 Blok súčiastok .....	40
Obr. 74 Charakteristika montážnej úlohy .....	41
Obr. 75 Percentuálne zastúpenie typov spojov v automobilovom priemysle podľa [40].....	41
Obr. 76 Základné typy technických zariadení v montáži .....	42
Obr. 77 Pracovná stanica [4].....	44
Obr. 78 Príklady zariadení pre zásobovanie, automatickú orientáciu a prívod súčiastok v montáži.....	49
Obr. 79 Príklady rozličných typov miskových vibračných zásobníkov.....	50
Obr. 80 Princíp orientácie vo vibračnom miskovom zásobníku.....	50
Obr. 81 Aplikácia priemyselných robotov Kuka pri stavbe karosérie automobilu Mercedes triedy A Benz u firmy DaimlerChrysler [30] .....	51
Obr. 82 Printscreen video ukážky aplikácie Pick and Place manipulátora firmy Festo [14].....	52
Obr. 83 Príklad aplikácie skrutkovacej jednotky firmy Weber [60].....	53
Obr. 84 Príklad senzorického vybavenia ručného montážneho pracoviska podľa [3].....	55
Obr. 85 Závislosť typu montážneho systému od vybratých kritérií podľa [18] .....	56
Obr. 86 Automatizované montážne pracovisko s otočným stolom [61] .....	58
Obr. 87 Automatizovaná montážna linka pre skrutkovanie .....	59
Obr. 88 Individuálne ručné montážne pracovisko [24].....	59
Obr. 89 Ručný montážny systém [6].....	60
Obr. 90 Ručná montážna linka.....	60
Obr. 91 Ručná montážna linka [27] .....	61
Obr. 92 Špeciálny montážny stroj [50].....	61
Obr. 93 Robotizovaný montážny systém.....	62
Obr. 94 Vstupná obrazovka firmy PSA [41] .....	63
Obr. 95 Obrazovka s videom výroby Peugeotu 207 [41].....	64
Obr. 96 Vzhľad informačného materiálu firmy TPCA [41].....	64
Obr. 97 Časti automobilu.....	66
Obr. 98 Schéma montážneho závodu.....	67
Obr. 99 Procesy montážneho závodu .....	68

Obr. 100	Procesy prebiehajúce v lisovni .....	69
Obr. 101	Preprava zvitku žeriavom.....	70
Obr. 102	Strihacia linka.....	70
Obr. 103	Lisovacia linka v závode Kia Motors Slovakia s.r.o [27].....	70
Obr. 104	Príklad usporiadania lisovne na výrobu výliskov z plechu.....	72
Obr. 105	Schéma 4-stojanového transferového lisu pre veľkorozmerné súčiastky (1 až 6 – operácie technologického postupu lisovania dielu karosérie).....	73
Obr. 106	Princíp lisu .....	73
Obr. 107	Proces hydroformovania .....	74
Obr. 108	Procesy v karosárni.....	75
Obr. 109	Nosné profily skeletu.....	76
Obr. 110	Časti karosérie automobilu.....	77
Obr. 111	Zváranie predných dverí .....	79
Obr. 112	Kompletizácia karosérie.....	80
Obr. 113	Procesy v lakovni.....	80
Obr. 114	Systém náterových antikorózných vrstiev .....	81
Obr. 115	Ponáranie – nanášanie základného laku.....	83
Obr. 116	Nanášanie tmelu na spodnú časť karosérie .....	84
Obr. 117	Striekanie pigmentovej vrstvy.....	86
Obr. 118	Procesy vlastnej montáže .....	87
Obr. 119	Umiestnenie identifikačného kódu vozidla.....	88
Obr. 120	Kompletizačná linka dverí .....	89
Obr. 121	Prípravok predmontáže prístrojovej dosky .....	90
Obr. 122	Montáž prístrojovej dosky.....	90
Obr. 123	Založenie a prilepenie čelného skla.....	91
Obr. 124	Spojenie podvozku s karosériou.....	93
Obr. 125	Primontovanie nárazníkov .....	93
Obr. 126	Prichytenie skompletizovaných dverí.....	94
Obr. 127	Procesy finálnej kontroly .....	95
Obr. 128	Vodný test .....	96
Obr. 129	Cestná preprava vyrobených vozidiel z PSA.....	97
Obr. 130	Železničná preprava vozidiel KIA.....	97
Obr. 131	Úvodná obrazovka prezentácie .....	99
Obr. 132	Základná štruktúra prezentácie.....	99
Obr. 133	Druhý snímok hlavnej prezentácie .....	100
Obr. 134	Náhl'adové zobrazenie celej prezentácie.....	101

Obr. 135 Snímok prezentujúci základné znaky montážneho procesu.....	101
Obr. 136 Snímok s videom automatickej skrutkovacej jednotky .....	102
Obr. 137 Snímok predstavujúci montovaný výrobok .....	102
Obr. 138 Snímok prezentujúci montážny stroj .....	103
Obr. 139 Ergonómia v montáži.....	103
Obr. 140 Hlavný obsah prezentácie .....	105
Obr. 141 Spúšťanie pod prezentácií z hlavnej prezentácie.....	105
Obr. 142 Štruktúra pod prezentácie Lisovňa .....	106
Obr. 143 Preprava zvitku plechu.....	107
Obr. 144 Snímok obsahujúci video z lisovne .....	107
Obr. 145 Štruktúra pod prezentácie Karosáreň.....	108
Obr. 146 Náhľad snímku pod prezentácie .....	108
Obr. 147 Snímok obsahujúci video z karosárne .....	109
Obr. 148 Štruktúra pod prezentácie Lakovňa .....	110
Obr. 149 Lakovňa.....	110
Obr. 150 Video zo závodu BMW v Nemecku .....	111
Obr. 151 Štruktúra pod prezentácie Vlastná montáž.....	112
Obr. 152 Demontáž dverí .....	112
Obr. 153 Spojenie podvozku s karosériou.....	113
Obr. 154 Montáž kolies .....	113
Obr. 155 Snímok obsahujúci video z montáže .....	114
Obr. 156 Štruktúra pod prezentácie Kontrola a testovanie.....	114
Obr. 157 Kontrola elektroinštalácie automobilu.....	115
Obr. 158 Snímok obsahujúci video z montáže a testovania .....	115
Obr. 159 Zoznam internetových odkazov .....	116

## Úvod

Automobilový priemysel v slovenskom strojárstve je jedným z hlavných hnacích motorov rastu slovenskej ekonomiky. Pokiaľ ide o prílev zahraničných investícií, je automobilový sektor momentálne najprogressívnejším odvetvím.

Výukový materiál je prioritne určený pre študentov v zameraní výrobné technológie - automobilová výroba ako doplnkový, interný výukový materiál, rozširujúci znalosti z oblasti finálnej výroby a montáže osobného automobilu ako aj ďalších súvisiacich predmetov.

Cieľom učebného textu je oboznámiť študentov, ale aj širšiu verejnosť s procesmi prebiehajúcimi v závodoch na výrobu automobilov. Uviest' ich do problematiky finálnej výroby a montáže automobilov.

Textová časť je metodickým doplnkom modulu vizualizácie postupnosti montážnych činností pri výrobe osobného automobilu. Bol spracovaný v aplikácii PowerPoint zo softvérového balíka firmy Microsoft. Boli v ňom použité najmä fotografie dostupné na internete s popisom, pričom podrobný popis jednotlivých procesov je spracovaný v textovej časti.



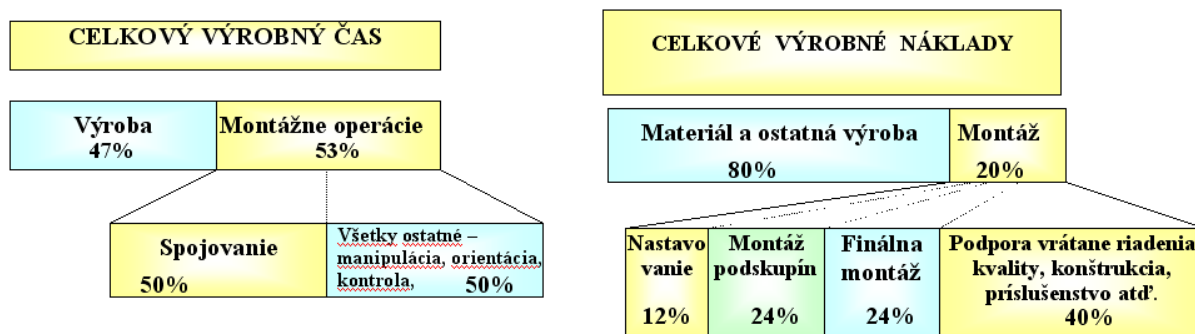
## 1 Základy montáže

Montážny proces, ktorý predstavuje *súhrn operácií spájania súčiastok, komponentov a uzlov až po finálny výrobok v istej technicky a ekonomicky účelnej postupnosti* sa vyznačuje sa niektorými špecifickými znakmi:

- montážny proces je organizovaný a synchronizovaný vo väzbe na súčiastky, ktorých výroba sa realizuje v rôznom čase a na rôznych miestach,
- v montážnom procese dominujú ručné úkony, niektoré z nich pri automatizácii vyžadujú veľmi komplikované a nákladné zariadenia,
- v montážnom procese sa integrujú všetky stránky zabezpečenia kvality z predchádzajúcich procesov, ako aj prejavy z vlastného montážneho procesu,
- objavuje sa rozporné pôsobenie princípu diferenciacie a koncentracie operácií.

V súvislosti s analýzou montážnych procesov je potrebné definovať niektoré základné pojmy, ktoré sú dôležité pre pochopenie, prípadne klasifikáciu montážneho procesu. Základným určujúcim faktorom, ktorý ovplyvňuje všetky etapy projektovania montážneho procesu je montovaný výrobok. **Montovaný výrobok** je z hľadiska montáže buď finálny výrobok, alebo časť (montážna podskupina, celok) finálneho výrobku, ktorého montáž je predmetom riešenia. Svojimi charakteristickými vlastnosťami zásadným spôsobom ovplyvňuje všetky etapy projektovania, implementácie a prevádzkovania montážneho pracoviska.

Význam montáže dokumentujú údaje o podiele montáže na celkovom čase výroby a nákladoch. Podľa [40] v automobilovej výrobe 50% priamych mzdových nákladov spadá do oblasti montáže. Vo výrobe presných prístrojov sa toto číslo pohybuje medzi 20–70 %. Táto štatistika dokumentuje relatívne vysoký význam montáže a ukazuje na možnosť redukcie nákladov v tejto oblasti. Obr.1 zobrazuje percentuálne rozloženie času potrebného na výrobu výrobku, kde montážne operácie tvoria až 53 % z celového času vo výrobe. Tento údaj poukazuje na možnosť výrazných zmien vo výrobnom čase v prípade aplikácií inovačných a racionalizačných stratégií práve v tejto oblasti.



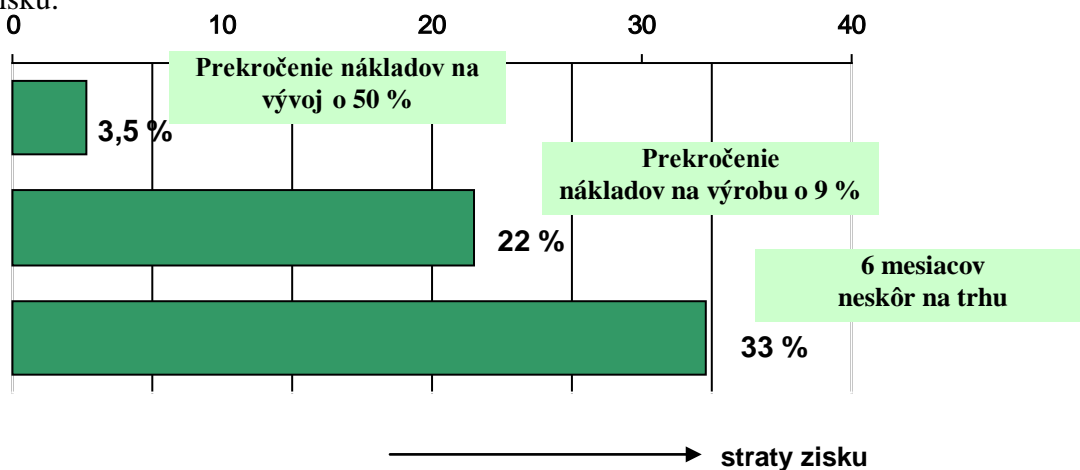
Obr. 1 Podiel montáže na celkovom výrobnom čase a nákladoch podľa [40]

Faktory ovplyvňujúce výrobný a montážny proces vyplývajú z celkových zmien týkajúcich sa celého procesu vývoja a výroby výrobku, až po jeho uplatnenie na trhu. Úspešný vývoj výrobku znamená vyvinúť výrobok čo najvyššej kvality s čo najnižšími nákladmi v čo najkratšom čase. Zmenené technické, ekonomické a spoločenské podmienky vyžadujú zásadnú zmenu stratégií vo vývoji výrobkov. V tabuľke 1 sú uvedené základné trendy zmien podmienok a z nich vyplývajúce dôsledky týkajúce sa vývoja výrobkov.

Tab.1 Trendy zmien podmienok pri vývoji výrobkov

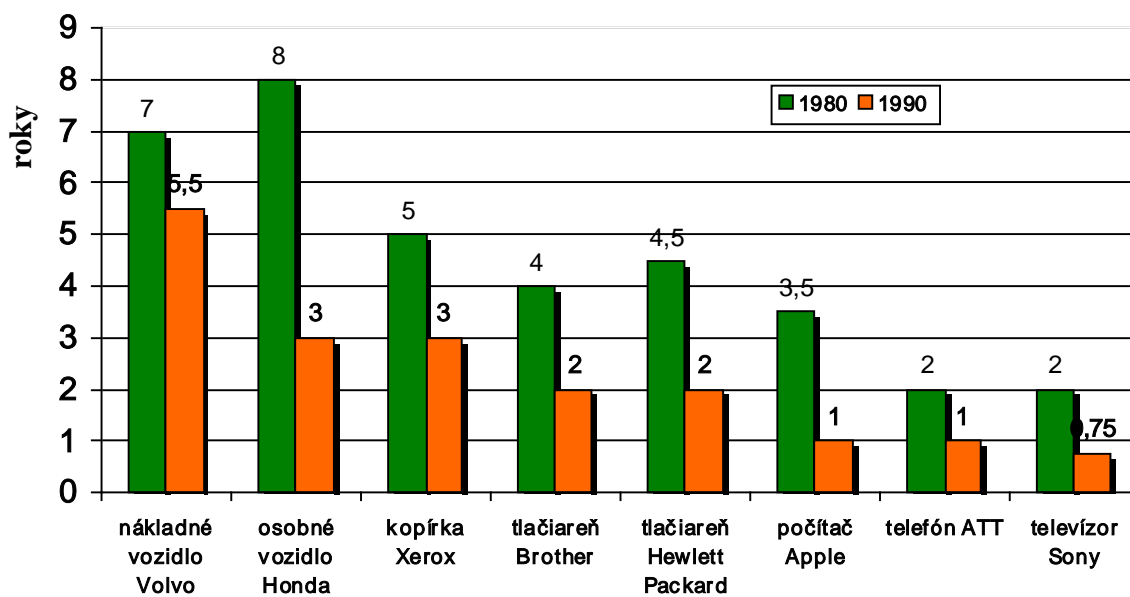
Trendy ekonomických, technických a spoločenských zmien	Dôsledky a východiská zmien stratégií vývoja výrobkov
Nekonkrétne resp. rýchlo sa meniace požiadavky zákazníkov	Rýchlejšie zavádzanie prírání zákazníkov do vývoja výrobkov
Rastúci význam dizajnu výrobku	Definitívny dizajn výrobku v zmysle funkcie a vonkajšieho vzhľadu musí existovať v čo najskoršom štádiu vývoja výrobku
Postupujúca individualizácia výrobku	Výrobok je nutné v čo najskoršom štádiu prispôbiť rozličným skupinám zákazníkov bez toho, aby bolo nutné vzdať sa výhod hromadnej výroby
Požiadavky ochrany životného prostredia	Výrobok musí byť vo všetkých fázach jeho tvorby a užívania prijateľný z hľadiska životného prostredia
Klesajúca životnosť výrobku	Výrobok sa musí počas svojho relatívne krátkeho životného cyklu uplatniť na trhu a to pred výrobkami konkurencie
Prepad cien výrobkov	Výrobok musí mať od začiatku najnižšiu možnú cenu. Vyššia cena je možná iba počas krátkeho času.

Jedným z kľúčových faktorov, ktorý ovplyvňuje úspešnosť výrobku je tzv. čas do uvedenia výrobku na trh ("time to market") t.j. čas od rozhodnutia vyrábať výrobok až po jeho uvedenia na trh. Na obr.2 je uvedený vplyv rozličných negatívnych faktorov na straty zisku.



Obr. 2 Vplyv rozličných faktorov na straty zisku

Potreba splniť požiadavky na vývoj výrobku vedie k vývoju a aplikácií nových stratégií vývoja výrobkov. Potreba inovačných zmien výrobkov a urýchlenie procesu vývoja nového výrobku sú dnes prioritnými tendenciami. Obr. 3 ilustruje tendenciu znižovania času vývoja jednotlivých typov výrobkov.



Obr. 3 Zníženie času potrebného pre uvedenie nového výrobku na trh

## 1.1 Montovaný výrobok

Výrobky sa klasifikujú podľa viacerých charakteristík. Identifikácia druhu výrobku je potrebná na poznanie systémových vzťahov v podnikaní a pri riadení vývoja a zavádzania.

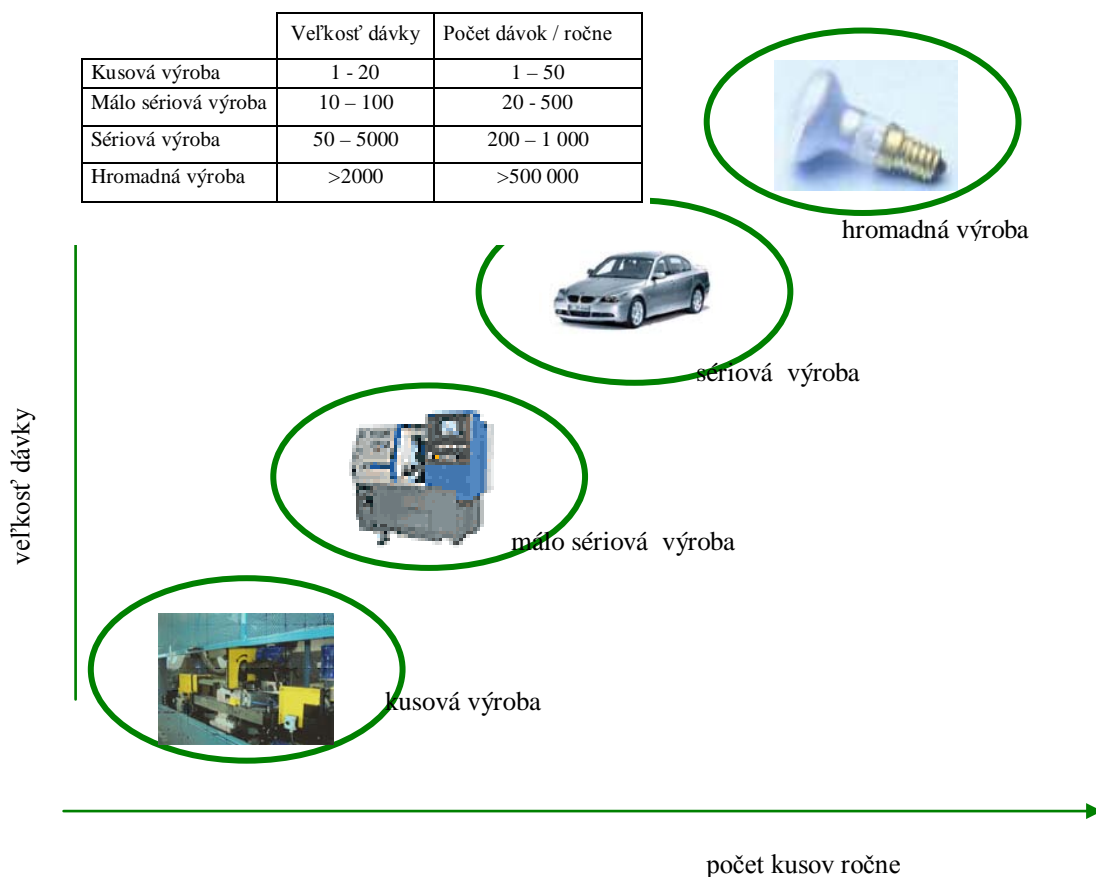
- Odborová príslušnosť výrobku. Hovorí o konštrukčnej príbuznosti hlavnej technológii, oblasti používania, normách a pod. Napr.: elektrotechnické výrobky, nástroje, automobily, výrobné stroje a pod.
- Použitie výrobku napr. spotrebné výrobky, výrobné zariadenia, komponenty a pod.
- Životnosť výrobku. Výrobky krátkodobej a dlhodobej spotreby, sezónne výrobky a pod.
- Technologická charakteristika. Klasické výrobky, technologicky náročné výrobky (high-tech).



Obr. 4 Rozličné typy výrobkov

**Počet kusov a veľkosť dávky**

Je jeden z podstatných parametrov, ktorý ovplyvňuje riešenie montážneho procesu. Ide hlavne o oblasť voľby typu montážneho systému, stupňa automatizácie resp. robotizácie ako aj voľbu technických zariadení a typ organizácie montáže. Na obr. 5 je uvedený ilustračný príklad typov výroby a približný počet dávok a veľkosť dávky.



**Obr. 5 Typy výrob v závislosti od počtu kusov a veľkosti dávky**

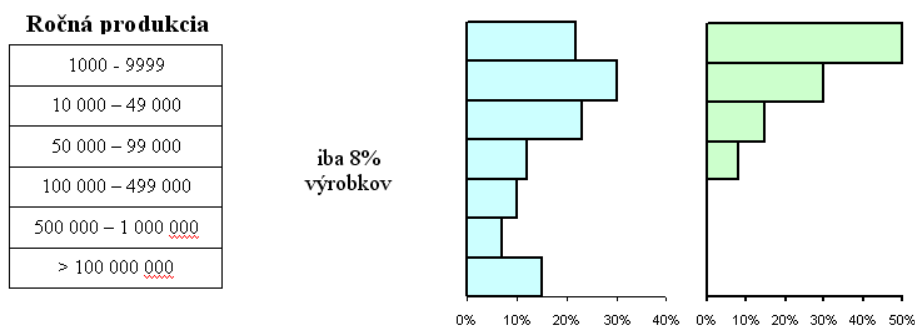
Ďalším dôležitým parametrom výrobku je jeho **komplexnosť**, ktorú je možné najjednoduchšie vyjadriť počtom súčiastok vo výrobku. V tab. 2 a na obr. 6 je uvedené rozdelenie na jednotlivé skupiny podľa [40].

Tab.2 Rozčlenenie výrobkov do skupín podľa ich zložitosti v jednotlivých oblastiach priemyslu

Výrobok → Oblasť priemyslu ↓	Skupina výrobkov 1 jednoduché výrobky < 31 súčiastok	Skupina výrobkov 2 výrobky strednej komplexnosti 31 – 500 súčiastok	Skupina výrobkov 3 komplexné výrobky >500 súčiastok
Strojársky priemysel	ložiská	prevodovky	poľnohospodárske stroje
Automobilový priemysel	časti automobilov	pohony	vozidlá
Elektrické zariadenia	dosky plošných spojov, žiarovky, elektrické motory, elektrické spínače a riadiace prvky	malé domáce zariadenia	rádioprijímače, TV a audio zariadenia
Presné prístroje	mechanické meracie a riadiace prístroje	fotografické prístroje	hodiny, projektory
Kancelárske prístroje	perá, ceruzky	kalkulátory	kancelárske stroje, počítače

### Strojársky priemysel

Skupina výrobkov 1 8%	Skupina výrobkov 2 48%	Skupina výrobkov 3 44%
Jednoduché výrobky < 31 súčiastok	Stredne zložené výrobky 31 – 500 súčiastok	Zložené výrobky >500 súčiastok



Vzorka: 81 spoločností % podiel skupín výrobkov podľa ročnej produkcie

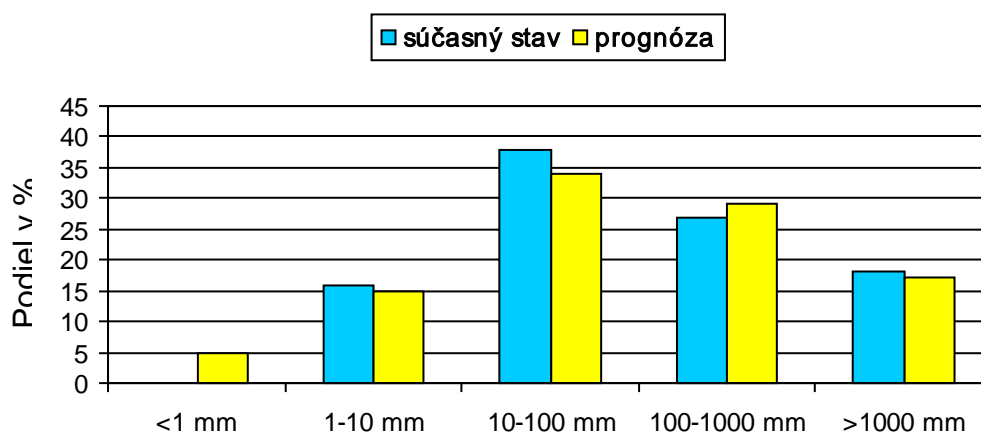
Obr. 6 Percentuálne rozloženie produkcie v strojárskom priemysle podľa skupín

### Veľkosť výrobku

Rozmery ovplyvňujú voľbu technických zariadení. Je zrejmé, že montážne a výrobné systémy napr. pre automobily a pre napr. mobilné telefóny budú vykazovať značné rozdiely.

Štúdia EURAS, ktorá bola vypracovaná ako pilotný projekt analyzuje 26 podnikov s cca 3100 zamestnancami, ktoré sa orientujú na montáž v európskych krajinách (Nemecko, Maďarsko, Holandsko, Slovinsko, Švédsko a Švajčiarsko) a to v oblasti strojárstva, stavby strojov, špeciálnych strojov, dodávok pre automobilový priemysel, elektrických prístrojov a stavby elektrických zariadení.

Podľa tejto štúdie sa žiaden z podnikov nezaoberal mikro-montážou s veľkosťou montovaného výrobku menej ako 1 mm, aj keď sa predpokladá trend nárastu v tejto oblasti. Celkovo sa očakáva miniaturizácia aj keď v oblasti stavby strojov a zariadení sa rozmery nebudú podstatne meniť.

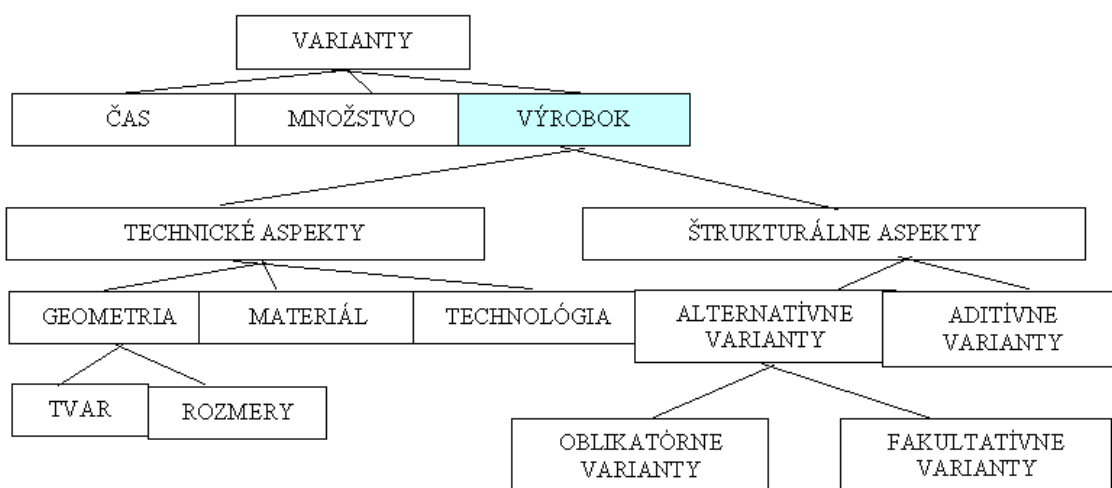


Obr. 7 Veľkosť výrobku a prognóza vývoja podľa [7]

**Počet variantov výrobku** eventuálne existencia tzv. skupiny výrobkov (v anglickej literatúre často nazývaná product family) je ďalší dôležitý faktor.

Stratégie mnohých podnikov sú založené na zosilnenej individualizácii produktov a na snahe obsadiť voľné miesta na trhu prostredníctvom rozšírenia spektra výrobkov. To vedie k rastu variantov výrobku a ako následok rastu počtu variantov rastie komplexnosť výrobku a výrobného procesu. Z uvedených trendov vyplývajú dôsledky, ktoré sa premietajú aj do oblasti výroby a montáže. Z tohto dôvodu sa posúdenie variantnosti a komplexnosti stáva pre podniky strategickým faktorom úspechu.

Variantnosť je možné charakterizovať ako množstvo rozličných prevedení súčiastky, stavebnej skupiny alebo výrobku. Variantnosť sa môže prejaviť z hľadiska času, množstva a druhu výrobku. Klasifikácia variantnosti je uvedená na obrázku 8.



Obr. 8 Klasifikácia aspektov variantnosti podľa [63]

Časová variantnosť vzniká v prípade, že sa výrobok neprodukuje pravidelne z hľadiska času. Variantnosť v oblasti množstva znamená nerovnomernosť v počte kusov resp. vo veľkosti dávky.

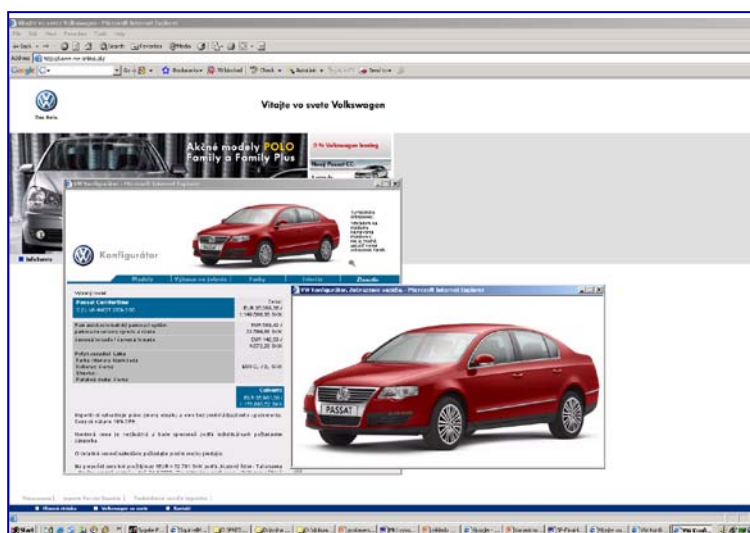
Aspekty variantnosti výrobku je možné rozdeliť na technické a štrukturálne. V prvom prípade ide o geometriu t.j. tvar a rozmery, materiál a technológiu. Štrukturálne varianty vznikajú v procese montáže a to priradením rozličných komponentov a dielcov. Príkladom je rozšírenie dielcov a podskupín – napríklad klimatizačné zariadenie v automobile. Alebo je možná alternatíva medzi obligatónnymi alternatívami v prípade, že sa musí urobiť rozhodnutie – napr. farba automobilu. V prípade fakultatívnych alternatív sa alternatíva nemusí realizovať napr. opierky hlavy na zadných sedadlách automobilu. Medzi jednotlivými prvkami môže existovať pozitívna závislosť napr. ak existuje dielec A musí existovať aj dielec B alebo negatívna t.j. ak existuje dielec A potom nemôže existovať dielec B.

V zásade je možné identifikovať tzv. **vnútornú a vonkajšiu variantnosť** výrobku. Vonkajšia variantnosť je smerovaná k zákazníkovi a je podmienená zmenami na trhu a individuálnymi požiadavkami zákazníkov. Konkurencia vedie k snahe podnikov udržať si existujúcich zákazníkov a zároveň získať nových. Tento cieľ je možné zabezpečiť individualizáciou výrobku a rozšírením spektra výrobkov. Nasýtenie trhu a postupujúca globalizácia vedú k snahe obsadiť aj menšie trhové segmenty a to prostredníctvom zavedenia nových variantov výrobkov.



K týmto príčinám sa pridružujú aj vnútorné podnikové faktory ako napr. to, že podnik pri zavedení nových výrobkov nesťahuje z ponuky staré výrobky. Ďalším faktorom je skutočnosť, že už v procese návrhu a konštruovania výrobku často vznikajú varianty výrobkov a to často aj vtedy ak nie sú nutné. Niekedy je jednoduchšie navrhnuť nový dielec než hľadať už existujúci navrhnutý dielec. Znižujúca sa životnosť výrobkov a skracovanie inovačného cyklu výroky sú ďalšie faktory podmieňujúce zvyšovanie počtu variantov výrobku. Aj keď vnútorná variantnosť výrobkov, ktorá sa vzťahuje na proces výroby a montáže a závisí od vonkajšej variantnosti táto závislosť nie je priama, ale závisí od množstva ďalších faktorov. Jedným z nich je aj aplikovaná stratégia a súbor opatrení týkajúcich sa variantnosti výrobku.

Oblasť priemyslu v ktorej je problematika variantnosti zrejímavá na prvý pohľad je automobilový priemysel. Napríklad firma BMW ponúka 1032 variantov automobilov a Mercedes triedy C je k dispozícii v 27 variantoch. Automobil, ktorý opúšťa montážnu linku je „individuálne vytvorený“ pre určitého zákazníka. Počet totožných automobilov je napríklad u firmy VW 1,5 automobilu ročne.



Obr. 9 Car configurator firmy Volkswagen [57]

Možné *stratégie a opatrenia pre redukciu počtu variantov* je možné zahrnúť do týchto základných oblastí:

- Zabránenie vzniku veľkého počtu variantov výrobku orientáciou na malý počet variantov, ktoré sú cielene orientované na vybraným trhovú segment.

- b) Zníženie počtu variantov. Od uvedenia výrobku na trh sa počet variantov zvyšuje. Aplikáciou opatrení na vyčistenie spektra výrobkov a zníženie počtu variantov je možné vylúčiť z výrobného programu neefektívne varianty.
- c) Prenos variantov do inej výrobnej a /alebo montážnej úrovne prípadne k dodávateľom dielcov a komponentov.
- d) Riadenie variantnosti – ako súbor opatrení v oblasti tvorby a návrhu výrobku, segmentácie výroby, logistiky a organizácie.
- e) Opatrenia pre ovplyvnenie variantnosti výrobku v procese návrhu a konštrukcie výrobku:
  - ◆ **Štandardizácia** orientovaná na aplikáciu normalizovaných súčiastok a rovnakých dielcov a ich opakované použitie ako aj čo najneskoršia tvorba variantov a zabezpečenie úplnej vzájomnej vymeniteľnosti.
  - ◆ **Integrovaný resp. diferencovaný typ konštrukcie** – ide o dve rozličné možnosti optimalizácie štruktúry výrobku. Integrovaná konštrukcia redukuje počet dielcov t.j. jeden dielec spĺňa viaceré funkcie. Diferenciácia rozčleňuje funkčné časti výrobku na viaceré časti. Cieľom je dosiahnuť vyšší počet rovnakých dielcov resp. súčiastok vo výrobku.
  - ◆ **Modularizácia** – je najdôležitejší princíp pod ktorým je možné rozumieť vhodné rozčlenenie výrobku na prvky t.j. moduly, ktorých vzájomná závislosť je čo možno najnižšia. Rozhrania sú štandardizované. Hlavným cieľom je redukcia vnútornej komplexnosti pri súčasnej vysokej vonkajšej variantnosti. Podstatná je v tejto súvislosti voľná vzájomná kombinovateľnosť malého počtu modulov. Výsledkom je možnosť rozčleniť výrobu a montáž na výrobu a montáž, ktoré sú neutrálne z hľadiska variantnosti a na výrobu a montáž, ktoré sú závislé od variantov výrobku.
  - ◆ **Stavebnicový princíp, platforma** – stavebnicový princíp a platforma sú založené na modulovom princípe. Stavebnicový systém pozostáva z určitého množstva prvkov, ktoré je možné vybrať podľa aplikácie a na základe zlučiteľnosti rozhraní navzájom kombinovať. Prvky stavebnicového systému sú štandardizované podskupiny ktoré realizujú dielčie funkcie výrobku. Ďalšiu rozširenejšiu aplikáciu modularizácie predstavuje princíp platformy. Cieľom je vytvorenie skupiny výrobkov

(product family) na základe spoločnej platformy. Platformu tvoria komponenty s najvyšším obsahom časovo stabilných jednotiek. Je typickým prístupom v oblasti automobilového priemyslu.

- ♦ **Variantnosť postupu montáže** – cieľom je vytvoriť taký postup montáže výrobku, ktorý by umožnil vytváranie variantov výrobku čo najneskôr.

Z analýzy základných problémových okruhov variantnosti výrobku vyplýva, že ide o dôležitú oblasť, ktorej je potrebné venovať pozornosť vo všetkých etapách tak výrobného ako aj montážneho procesu. Zahraničné skúsenosti poukazujú na význam riadenia variantnosti výrobku a zavedenia opatrení pre získanie optimálneho efektu vo vzťahu medzi požiadavkami zákazníka na jednej strane a efektívnosťou výroby na strane druhej.

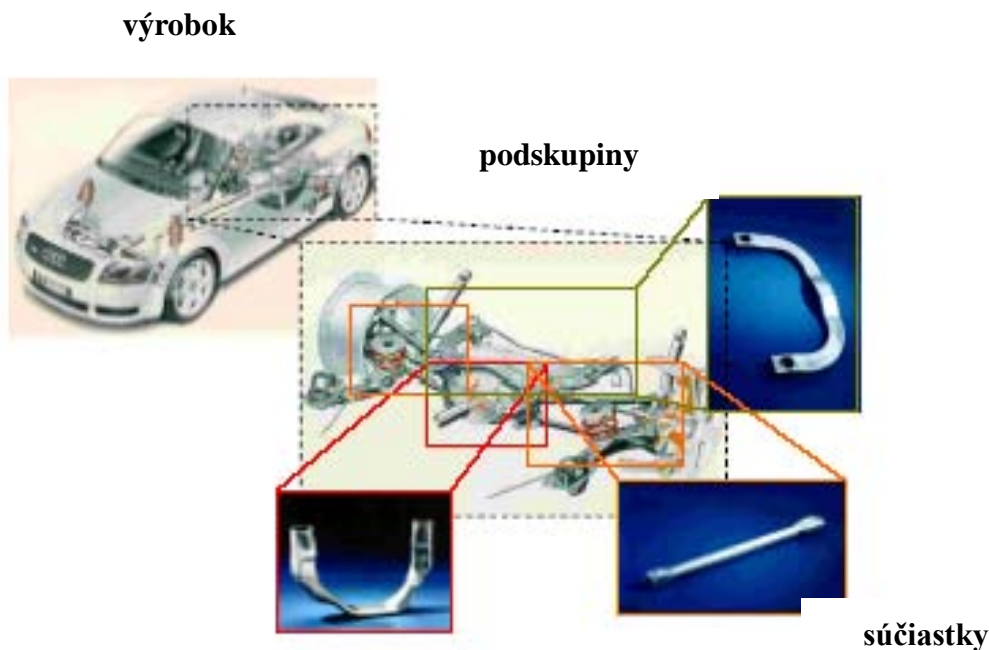
### **Stabilita výrobného programu**

Výrobok resp. výrobky sa môžu po istom čase zmeniť alebo inovovať. Bolo vhodné vedieť odhadnúť pravdepodobnosť tejto zmeny a už vo fáze návrhu výrobku definovať také opatrenia týkajúce sa flexibility výroby a montáže, ktoré budú schopné na tieto zmeny reagovať. Výrobok sa môže zmeniť rýchlejšie a nie vždy je možné postaviť nový výrobný a montážny systém.

### **Štruktúra výrobku**

Výrobok je potrebné analyzovať z hľadiska jeho štruktúry. Obvykle je každý zložitejší výrobok z konštrukčného hľadiska už rozčlenený na jednotlivé dielce, uzly a podskupiny. Toto rozčlenenie má svoj význam a obvykle je v súlade aj so štruktúrou z hľadiska montáže. Základným pojmom ktorý sa v tejto súvislosti používa v oblasti montáže je pojem tzv. montážnej podskupiny (v anglickej odbornej literatúre sa používa pojem assemblies). V zásade môžeme montážnu podskupinu definovať ako spojenie minimálne dvoch súčiastok výrobku po spojení ktorých je možné vzniknutý dielec transportovať, skladovať, kontrolovať a manipulovať s ním bez toho aby došlo k zmene kvality alebo poškodeniu jeho funkčnosti.

**Montážna podskupina** obvykle tvorí konštrukčne alebo funkčne samostatný celok, sama sa môže skladať z ďalších podskupín medzi ktorými môžu byť hierarchické vzájomné vzťahy. Montážne podskupiny sa obvykle montujú mimo finálnu montáž výrobku. Je možné montovať ich aj na úplne inom mieste a v inom čase.



Obr. 10 Štruktúra zložitého výrobku – automobilu

## 1.2 Design for assembly - DFA

Montáž predpokladá taký výrobok, ktorý zodpovedá požiadavkám na manipuláciu a spojovanie jednotlivých súčiastok do vyšších celkov (montážnych podskupín a skupín). Aby sa zohľadnili všetky aspekty potrebujú konštruktéri a vývojári výrobku porozumieť montážnym procesom a postupom. Komplexné výrobky sa vyvíjajú tímovo. Základnou otázkou ktorou sa musíme zaoberať je ako sa súčiastky a dielce chovajú počas transportu, manipulácie, spojovania a skúšania. V tejto súvislosti sú v popredí iné vlastnosti súčiastok a dielcov ako pri posudzovaní ich funkčnosti.

DFA je konštruovanie s ohľadom na jednoduchú montáž výrobkov. Je to systematická metodológia pre analýzu a návrh výrobku tak, aby výstupné funkcie výrobku mohli byť dosiahnuté s menším počtom dielcov, ktoré výrobok tvoria. Redukciou počtu dielcov možno dosiahnuť redukciiu komplexnosti montáže, zjednodušenie riadenia výroby, zvýšenie produktivity práce, skrátenie priebežnej doby výroby a v konečnom dôsledku dosiahnuť takto zníženie celkových výrobných

nákladov. Ďalším aspektom DFA je i konštrukčné prispôsobenie výrobku pre možnosť automatizovanej montáže, resp. demontáže pri recyklácii výrobku.

Význam montážne spôsobilej konštrukcie výrobku (Design for assembly, DFA) je v popredí záujmu odborníkov už od 70-tych rokov. V rámci súboru požiadaviek kladených na konštrukciu výrobku sú požiadavky na montáž jednou z dôležitých oblastí, ktorej je potrebné venovať pozornosť. V súvislosti s tým sa v zahraničnej literatúre používajú pojmy *design for assembly*, a *montagegerechte Produktgestaltung*, v súvislosti s aplikáciou robotov sa zavádza pojem *design for robotized assembly*. Pre tieto pojmy sa u nás používa *technologickosť konštrukcie z hľadiska montáže*, *technologickosť konštrukcie z hľadiska robotizovanej montáže* alebo tiež *montážne spôsobilá konštrukcia*. V súčasnosti sa veľká pozornosť venuje aj dvom ďalším oblastiam: demontáži a recyklácii a to v súvislosti so súčasným trendom orientovaným na oblasť ochrany životného prostredia.

Jeden zo základných prístupov posudzovania výrobku z hľadiska montáže je používanie *súboru odporúčaní a pravidiel pre montážne spôsobilú konštrukciu*, ktorú sú spracované v prácach viacerých autorov [2, 5, 10, 51] a obvykle sú znázornené formou príkladov. Tieto odporúčania je potrebné poznať a individuálne aplikovať v týchto oblastiach:

- pri návrhu konštrukcie výrobku
- pri posudzovaní variantov výrobku spolu s ďalšími kritériami
- pri posudzovaní vhodnosti výrobku pre automatizovanú prípadne robotizovanú montáž
- pri posudzovaní resp. navrhovaní zmien výrobku

Tento prístup neumožňuje kvantifikovať úroveň konštrukčného riešenie výrobku z hľadiska jeho montáže a vyžaduje znalosti a skúsenosti pracovníka, ktorý realizuje analýzu.

Najvýznamnejšou metódou posudzovania konštrukcie výrobku z hľadiska montáže je metóda vyvinutá *Boothroydom a Dewhurstom*, dnes rozšírená ako metóda DFMA [5] (Design for manufacturing and assembly).

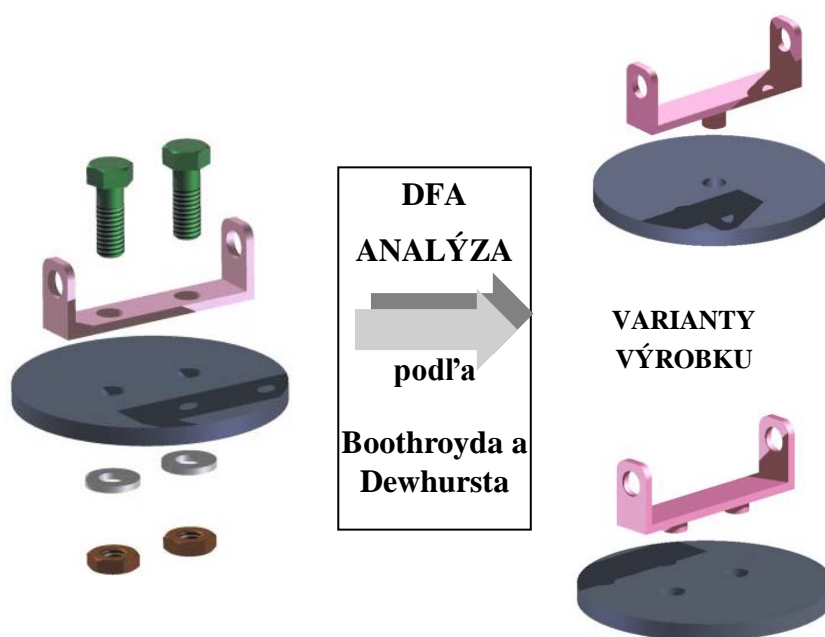
Vo Fraunhofer inštitúte Výrobnej techniky a automatizácie (IPA) Štuttgard bola tiež vyvinutá metóda hodnotenia montážne spôsobilej konštrukcie výrobku [16], ktorá bola spracovaná do formy hlavných zásad založených na systéme kritérií. Pritom boli

zohľadnené rozličné oblasti, ktoré sú dôležité pri vývoji výrobku ako sú montáž, možnosť skúšania výrobku, logistika výroby, servis a opravy ako aj vplyv na životné prostredie. Systém kritérií umožňuje hodnotiť výrobok už v etape jeho návrhu

*Lucas DFA metóda* [59], ktorá bola spracovaná firmou Lucas Engineering & Systems Ltd. spolu s Univerzitou Hull vo Veľkej Británii sa orientuje na zobrazenie montáže pomocou vývojového diagramu. Architektúra metódy je založená na logike programovacieho jazyka PROLOG. Metóda rozlišuje medzi súčiastkami, ktoré sú dôležité pre fungovanie výrobku (súčiastky A) a súčiastkami, ktoré pre fungovanie výrobku dôležité nie sú. V relatívnom hodnotení sa zohľadňuje tzv. efektívnosť konštrukcie, ktorá je vyjadrená ako podiel súčiastok A k celkovému počtu súčiastok. Metóda sa stále vyvíja.

*AEM-metóda firmy Hitachi* [59] analyzuje pri montáži nevyhnutné pohyby a pracovné postupy. Pritom sa vychádza z ideálneho stavu a za každú odchýlku sa dávajú „trestné body“. Ideálna je napríklad jednoduchý vertikálny spojovací pohyb smerom nadol. K tomuto ideálu sú priradené odhadované relatívne náklady. Z bodového hodnotenia sa usudzuje o konštrukčnej úrovni z hľadiska montáže a o ťažkostiach pri montáži.

Pomocou *rozšírenej ABC analýzy Lottera* [59] dostávame odpoveď na otázku „Čo stojí dielec pokiaľ nezačne po montáži plniť svoju funkciu vo výrobku?“. Získanie odpovede na túto otázku predpokladá dialóg medzi vývojom výrobku a plánovaním výroby. Hodnotenie sa realizuje podľa získaných bodov. Okrem týchto metód sa tiež realizujú pokusy vyvinúť expertné systémy pre podporu procesu konštruovania a plánovania. Moderné počítačové systémy ponúkajú funkciu Digital Mock Up, ktorá sa v montáži môže použiť pre skúmanie kolízií. Montáž je možné dobre zobraziť a získané údaje je možné použiť ako predstupeň počítačovo podporovaného projektovania montážnych procesov a systémov. Ďalšou z možností je aj aplikácia web technológií.



Obr. 11 Príklad DFA analýzy [5]

Analýza rozličných DFA projektov [5] realizovaná v posledných v posledných rokoch ukázala priemernú redukciu počtu dielcov o 51%, času montáže o 62% a času vývoja o 50%. Na obr.1 je uvedený príklad montovaného výrobku a výsledky jeho analýzy podľa [5]. Podľa informácií uvedených na stránke [5] sú výsledky dosahované pomocou aplikácie DFA analýzy uvedené v tab.1.

### **Počítačová podpora DFA analýz**

Tak ako aj v iných oblastiach existujú aj pre DFA analýzu softvérové nástroje pre podporu procesu. Ako príklad je možné uviesť niekoľko produktov: softvér pre DFMA analýzu spoločnosti Boothroyd Dewhurst, Inc. [5], PROCON – modul softvéru TiCon nemeckého MTM zväzu [9] a modul DFM analýzy metódy Avix švédskej firmy Solme [52]. Prvý spomínaný produkt softvér DFMA je integrovaný balík pozostávajúci z dvoch základných modulov: DFA a DFM. Na obr. 2 je uvedený ilustračný príklad obrazovky tejto softvérovej aplikácie. Táto aplikácia vychádza z dôkladnej analýzy tvaru a rozmerov ako aj z klasifikácie súčiastok a dielcov. Základným východiskom analýzy je zatriedenie vytvorené na základe orientačných a manipulačných charakteristík súčiastok a dielcov.

Tab. 3 Výsledky aplikácie DFA analýzy podľa [5]

OBLASŤ	REDUKCIA
Mzdové náklady	42 %
Počet súčiastok	54 %
Spojovacie prvky	57 %
Hmotnosť	22 %
Čas montáže	60%
Náklady na montáž	45 %
Nástroje na montáž	73 %
Montážne operácie	53 %
Cyklus vývoja výrobku	45 %
Celkové náklady	50 %
<b>Výsledky sú spracované podľa viac ako stovky prípadových štúdií</b>	

Modulu PROKON sú súčasťou balíka TiCon čo je v podstate softvérová podpora metódy analýzy a stanovenia času montáže tzv. MTM metóda (Method time measurement). Na obr.3 je uvedený príklad formulára PROKON. Základom všetkých modulov softvéru TiCon je analýza založená na MTM klasifikácii t.j. na jednotlivých pohyboch ako napr. siahnuť, uchopiť ..atď. a k nim priradených časových jednotkách TMU.

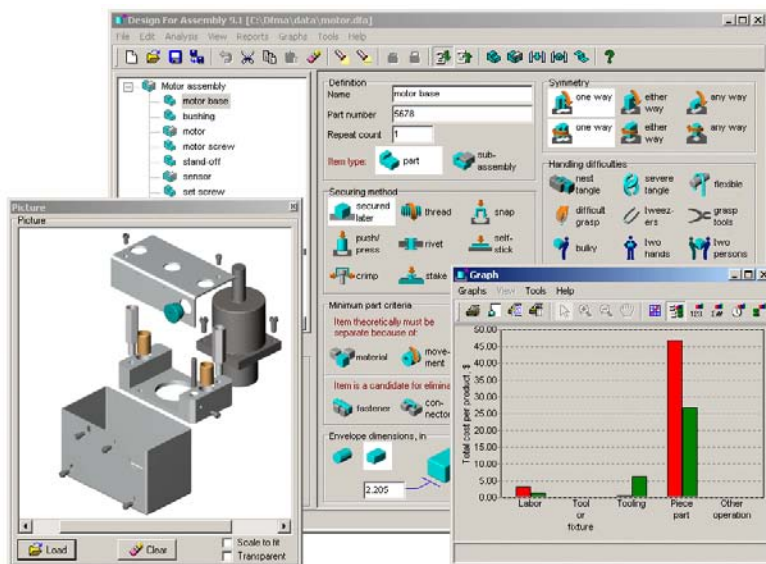
Tretí príklad – modul DFM zahrňujúci samozrejme aj montáž je súčasťou balíka tzv. Avix analýzy, ktorej základom je analýza založená na spracovaní video snímky procesu. Na obr. 4 je uvedený print screen demo ukážky aplikácie softvéru.

Všetky uvedené softvérové nástroje majú isté spoločné charakteristické črty. Prvá vec ktorú majú spoločné je to, že všetky tieto nástroje sú súčasťou *komplexného riešenia* t.j. existujú v istej súvislosti s inými riešenými úlohami. Ďalej to, že všetky tieto úlohy patria do oblasti *technickej prípravy výroby* ako napríklad: výber obrábacích strojov, výpočet času výroby dielca atď. (softvér DFMA), stanovenie výrobného taktu, riešenie ergonómie pracoviska ..atď. (softvér TiCon), vyvažovanie liniek, video analýza

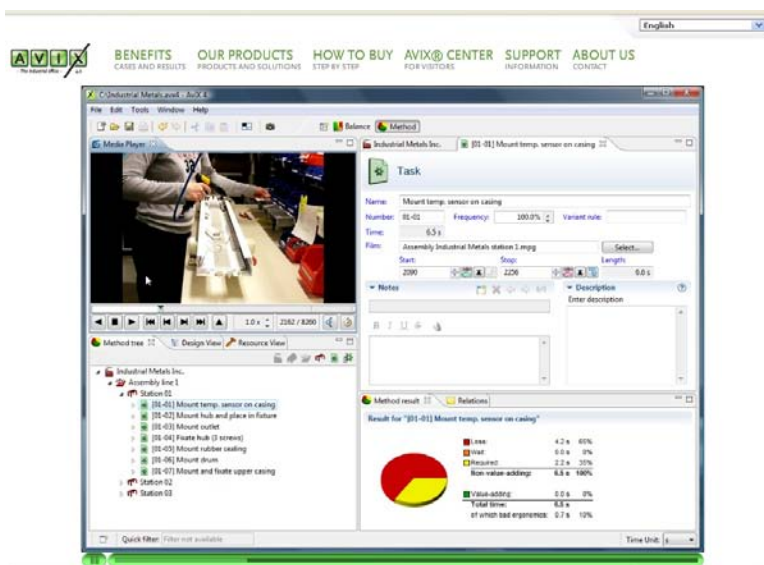


## Montáž v automobilovej výrobe

.. atď. (softvér Avix). Treťou základnou charakteristikou je to, že vychádzajú z nejakej *metódy* resp. nadväzujú na istý *model riešenia* (model orientácie dielca v priestore, vopred definované časy základných pohybov, video analýza) t.j. sú založené na istom špecifickom teoretickom základe.





Obr. 12 Printsreen obrazovky softvéru DFA spoločnosti Boothroyd Dewhurst, Inc.



Obr. 13 Printsreen obrazovky on-line demo ukážky softvéru Avix firmy Solme

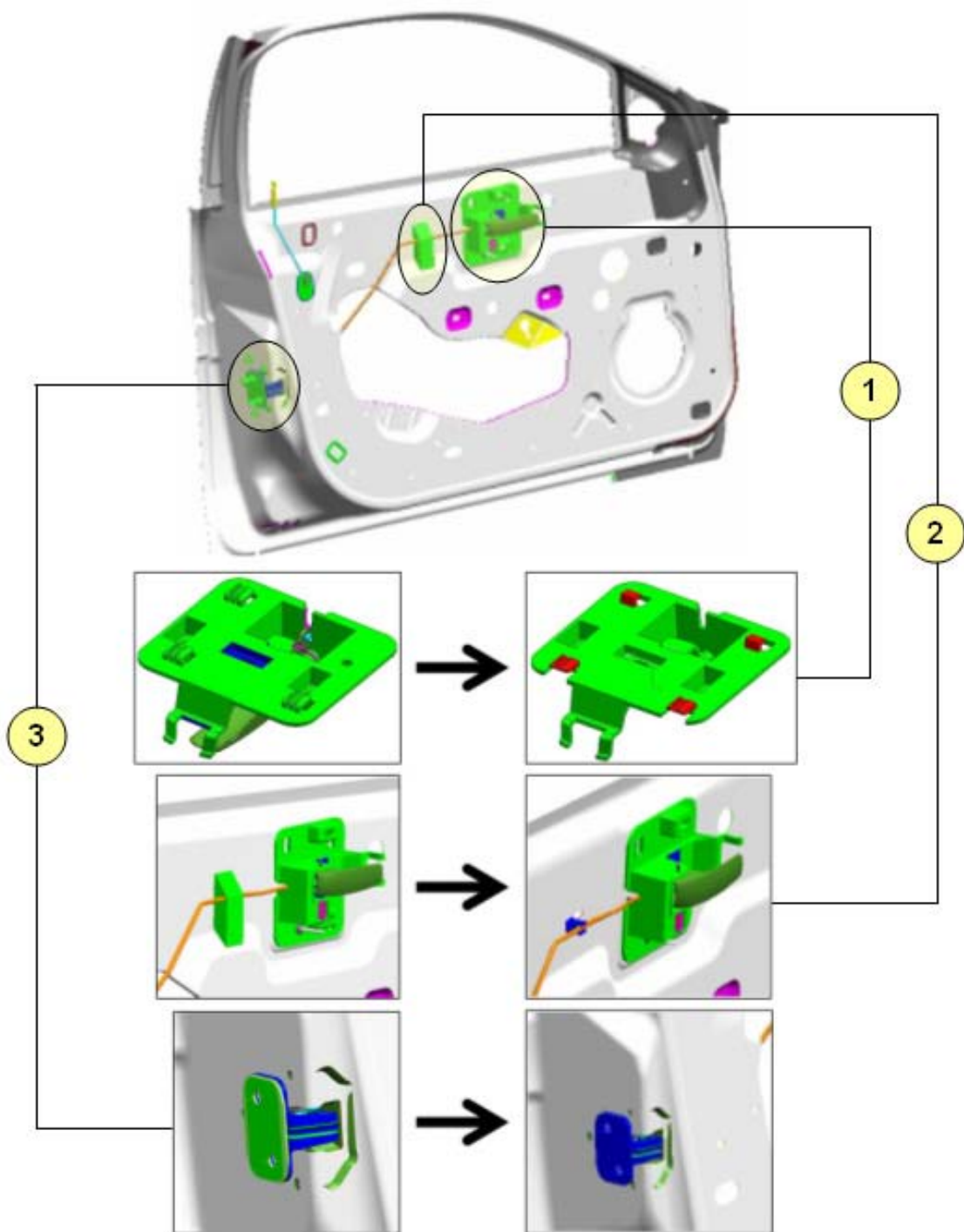
MTM - PROKON

		<b>PROKON 2 Standard</b>				Seite: 1 von 1 Bearb.: MTM Datum: 12.09.2005																																																																																																																																																																						
Code: PKMKTKS...I		Variante:				Änd.-Index: 9																																																																																																																																																																						
Index:		Bezeichnung: Klemmschelle - Ist-Zustand		Gültig von - bis: 22.04.2004 -		Erstellt: MTM / 22.04.2004																																																																																																																																																																						
Art: A Ausführung		Status: 3 Freigegeben für Prüfer		Eigentümer: MTM		Letzte Änderung: MTM / 10.06.2005																																																																																																																																																																						
Kurzbeschreibung: Klemmschelle bestehend aus 3 Teilen																																																																																																																																																																												
Montage-Ablauf: <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th rowspan="2"></th> <th colspan="2">Basiswert</th> <th colspan="2">Montage-Erschwernis</th> <th colspan="3">Anzahl Fügestellen</th> <th rowspan="2">mit Behinderung</th> <th rowspan="2">falsche Einbaufolge möglich</th> <th rowspan="2">mit Festhalten</th> <th rowspan="2">Nachrichten beim Fügen</th> <th rowspan="2">ohne Positionierhilfen</th> <th rowspan="2">Änderung Füge-/ Befestigungsrichtung pro Achse (x, y, z)</th> <th rowspan="2">Justage/ Prüfen</th> <th colspan="3">Prozess</th> <th rowspan="2">Anzahl der verwendeten Werkzeuge</th> </tr> <tr> <th>&lt; 8 daN</th> <th>&gt; 8 daN</th> <th>Hauptabmessung 300x300 mm</th> <th>Teildimension &gt; 800mm</th> <th>2.</th> <th>3.</th> <th>&gt; 3</th> <th>Sicht</th> <th>Raum</th> <th>P1</th> <th>P2</th> <th>P3</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Dübel einsetzen einrücken</td> <td>1</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>1</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>Klemmschelle ansetzen (Blech)Schraube</td> <td>1</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>1</td> <td>1</td> <td>1</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>Schraubwerkzeug</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>Wichtungswert</td> <td>40</td> <td>55</td> <td>10</td> <td>100</td> <td>10</td> <td>40</td> <td>15</td> <td>15</td> <td>35</td> <td>15</td> <td>20</td> <td>10</td> <td>15</td> <td>20</td> <td>100</td> <td>50</td> <td>150</td> <td>300</td> <td>40</td> </tr> <tr> <td>Häufigkeit</td> <td>3</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>3</td> <td>1</td> <td>1</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>2</td> <td></td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>Obersumme</td> <td>120</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>60</td> <td>10</td> <td>15</td> <td></td> <td></td> <td>100</td> <td></td> <td></td> <td>40</td> </tr> <tr> <td><b>Obersumwert</b></td> <td><b>345</b></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>									Basiswert		Montage-Erschwernis		Anzahl Fügestellen			mit Behinderung	falsche Einbaufolge möglich	mit Festhalten	Nachrichten beim Fügen	ohne Positionierhilfen	Änderung Füge-/ Befestigungsrichtung pro Achse (x, y, z)	Justage/ Prüfen	Prozess			Anzahl der verwendeten Werkzeuge	< 8 daN	> 8 daN	Hauptabmessung 300x300 mm	Teildimension > 800mm	2.	3.	> 3	Sicht	Raum	P1	P2	P3	Dübel einsetzen einrücken	1									1								1	Klemmschelle ansetzen (Blech)Schraube	1									1	1	1						1	Schraubwerkzeug																		1	Wichtungswert	40	55	10	100	10	40	15	15	35	15	20	10	15	20	100	50	150	300	40	Häufigkeit	3									3	1	1				2		1	Obersumme	120									60	10	15			100			40	<b>Obersumwert</b>	<b>345</b>																	
	Basiswert		Montage-Erschwernis		Anzahl Fügestellen				mit Behinderung	falsche Einbaufolge möglich	mit Festhalten	Nachrichten beim Fügen	ohne Positionierhilfen	Änderung Füge-/ Befestigungsrichtung pro Achse (x, y, z)	Justage/ Prüfen								Prozess				Anzahl der verwendeten Werkzeuge																																																																																																																																																	
	< 8 daN	> 8 daN	Hauptabmessung 300x300 mm	Teildimension > 800mm	2.	3.	> 3	Sicht								Raum	P1	P2	P3																																																																																																																																																									
Dübel einsetzen einrücken	1									1								1																																																																																																																																																										
Klemmschelle ansetzen (Blech)Schraube	1									1	1	1						1																																																																																																																																																										
Schraubwerkzeug																		1																																																																																																																																																										
Wichtungswert	40	55	10	100	10	40	15	15	35	15	20	10	15	20	100	50	150	300	40																																																																																																																																																									
Häufigkeit	3									3	1	1				2		1																																																																																																																																																										
Obersumme	120									60	10	15			100			40																																																																																																																																																										
<b>Obersumwert</b>	<b>345</b>																																																																																																																																																																											
																																																																																																																																																																												

Obr. 14 Formulár analýzy softvérovým modulom PROKON nemeckého zväzu MTM

V predmetnej oblasti existuje celý rad príkladov zmeny konštrukcie výrobku z dôvodu zníženia nákladov a zlepšenia procesu výroby a montáže. Na obr. 15 je uvedený príklad uzamykacieho systému automobilu. Dvere automobilu spĺňajú niekoľko funkcií, mali by byť bezpečné, ľahké a mali by zaisťovať celistvosť štruktúry automobilu pri ich uzatvorení. Príklad zmeny konštrukcie uzamykacieho systému automobilu ilustruje možnosti zjednodušenia jeho montáže. V uvedenom prípade išlo o:

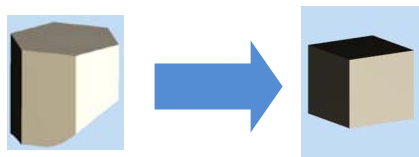
- zmenu vnútornej kľučky - modifikácia dvoch háčikov, vynechanie diery a použitie dvoch západok
- zmenu lanka kľučky - nahradenie svorky plastickou svorkou na lanko pre ľahšiu inštaláciu a zníženie nákladov
- zmenu uzáveru dverí - použitie hrubšej päty uzáveru a naniesenie ochranného náteru povrchu v mieste jeho kontaktu s plechom



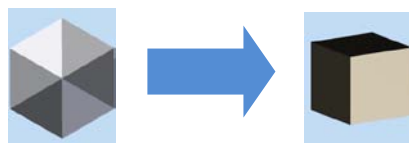
Obr. 15 Zmena uzamykacieho systému automobilu

**Odporúčania týkajúce sa celkového konštrukčného riešenia výrobu**

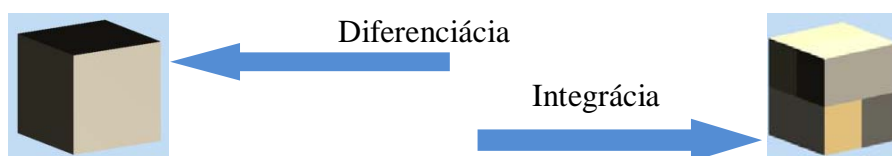
- *Systemizácia štruktúry výrobu*



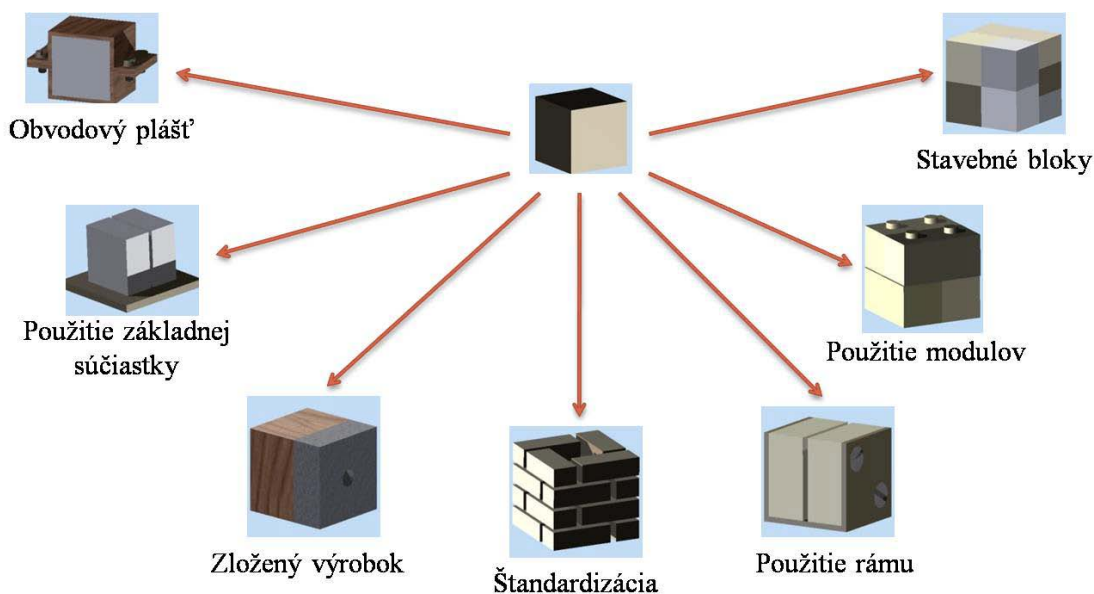
Obr. 16 Jednoduchá konštrukcia



Obr. 17 Jasná konštrukcia

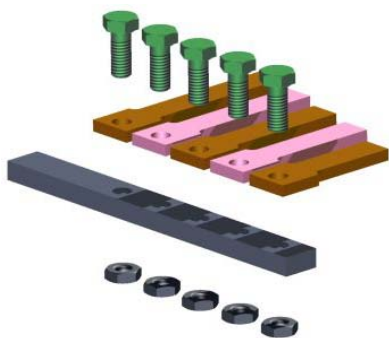


Obr. 18 Diferenciácia a integrácia

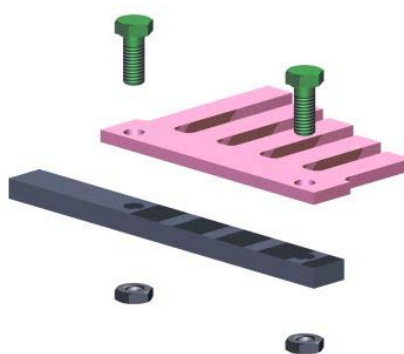


Obr. 19 Princípy systematizácie štruktúry výrobu

- *Princíp unifikácie konštrukčného riešenia používanie už existujúcich konštrukčných skupín*



Obr. 20 Príklad diferencovanej konštrukcie výrobku



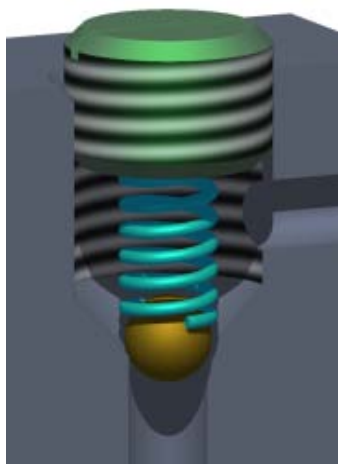
Obr. 21 Príklad integrovanej konštrukcie výrobku

Pri konštrukciách sa navrhujú také súčiastky, ktoré sa pri zostavovaní do celkov vyskytujú najčastejšie a pritom zodpovedajú priemernej vypočítanej hodnote. Tým sa získa najmenší možný sortiment súčiastok. Unifikácii (zjednocovaniu) podliehajú v prvom rade lícované spoje, závity, perá, drážkové spoje, upínacie súčiastky, normalizované súčiastky a pod. Znižovaním sortimentu materiálov, unifikáciou stupňa drsnosti, spôsobmi dokončovacích operácií, povrchovej úpravy a pod. sa zohospodárňuje proces výroby. Vhodné je použiť konštrukčné skupiny, ktoré sú komerčne dostupné .

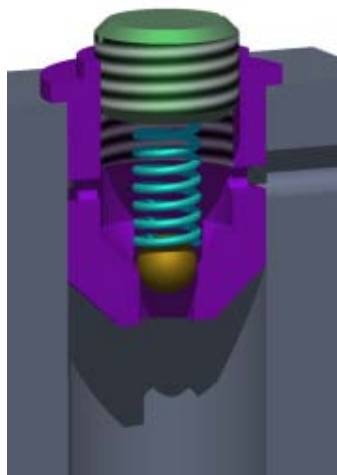
- ***Princíp rozčlenenia výrobku na skupiny a podskupiny***

Konštrukcie podskupín a skupín sa navrhujú ako nezávislé montážne celky, ktoré sa zostavujú, regulujú, zbeňujú a skúšajú samostatne a na finálny výrobok sa namontujú až v konečnom vyskúšanom stave. Postupné vyhotovovanie montážnych celkov umožňuje súčasné a nezávislé zostavovanie jednotlivých častí, zjednodušuje montáž, uľahčuje použitie hotových a v prevádzke vyskúšaných komponentov a konštrukcií aj v nových výrobkoch. Montážne celky okrem iného zjednodušujú demontáž a umožňujú komplexnú výmenu opotrebovaných súčiastok a dielcov. Aj keď montážne celky môžu niekedy spôsobovať, že konštrukcia je zložitejšia aj tak sú v prevádzke výhodné .

Obrázky 22 a 23 ilustrujú príklad konštrukčného riešenia s využitím princípu členenia na montážne skupiny a podskupiny.



Obr. 22 Bez využitia montážnych skupín



Obr. 23 S využitím montážnych skupín

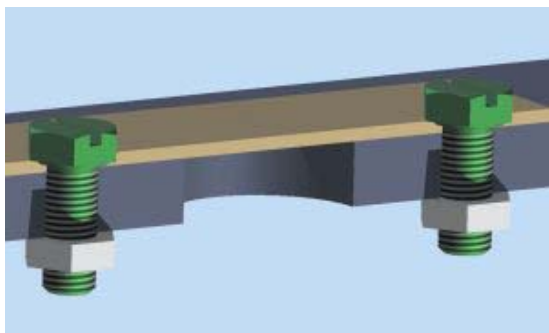
- *Použitie základnej súčiastky ako nosného a integrujúceho prvku.*

Základná súčiastka by mala byť stabilná, polohovateľná, dobre prístupná zo všetkých smerov a rozmerový reťazec vzťahovať na základnú súčiastku .

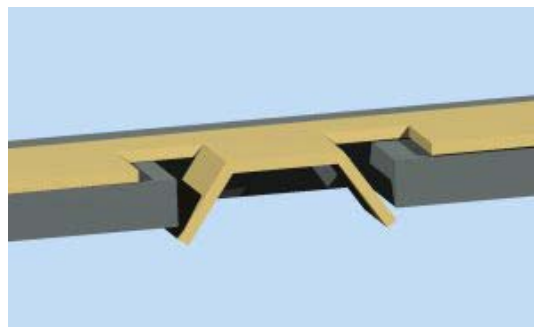
#### **Odporúčania týkajúce sa spojov**

- *Minimalizovať počet spojov a počet druhov spojov*
- *Zabezpečiť dostatočný priestor pri spájaní*
- *Uprednostniť priamočiare spojovacie pohyby*
- *Zabezpečiť možnosť sledovať proces vytvárania spoja*
- *Redukovať utesňovacie operácie, miesta, ktoré je treba utesniť konštruovať čo najmenšie a izolovať ich od funkčných miest, ktoré nie je potrebné utesniť*
- *Dodržiavať doporučenia platné pre typ spoja (nitované, lisovane skrutkové atď.)*
- *Voľba jednoduchých typov spojov*

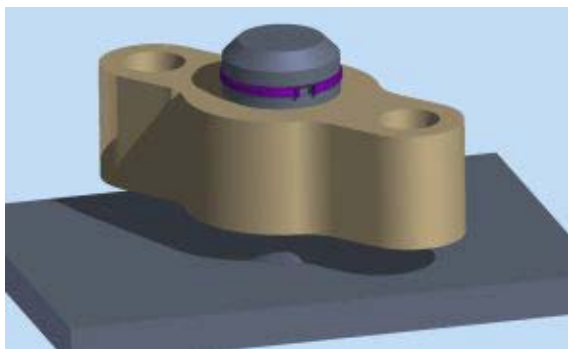
Druh a prevedenie spojov určuje nielen celkovú hospodárnosť výroby, ale aj bezpečnosť a spoľahlivosť strojov, zariadení, dopravných prostriedkov a pod. Nižšie sú uvedené príklady spojov a ich jednoduchších náhrad.



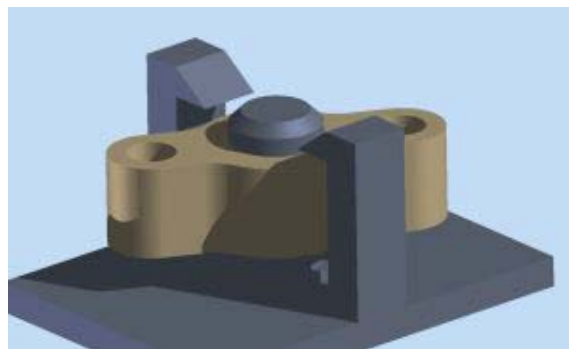
Obr. 24 Príklad spoja - zložitejší variant



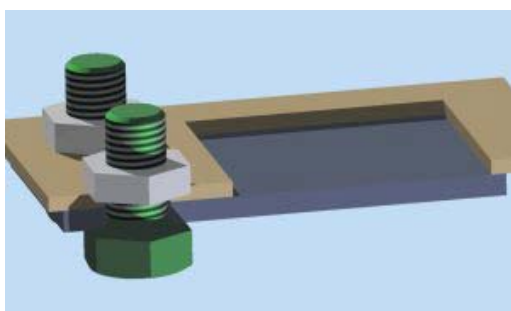
Obr. 25 Príklad spoja - jednoduchší variant



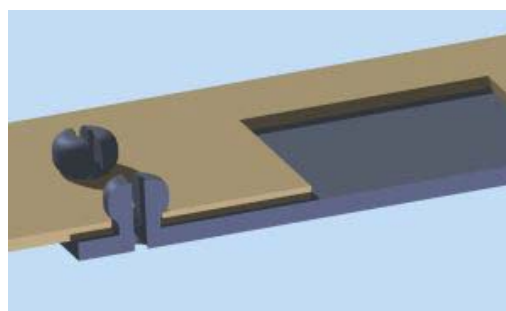
Obr. 26 Príklad spoja - zložitejší variant



Obr. 27 Príklad spoja - jednoduchší variant



Obr. 28 Príklad spoja - zložitejší variant



Obr. 29 Príklad spoja - jednoduchší variant

Pri montáži sa môže vyskytnúť prípad, kedy bude potrebné spojiť podobné súčiastky ako na obrázku 30 a 31. Na obrázku 30 je menej vhodný variant, spájane súčiastky sa môžu posunúť a spojovacie matice nezapadnú do otvorov zo závitom. V prípade na obrázku 31 je súčiastka vycentrovaná samotnými otvormi už od počiatku.



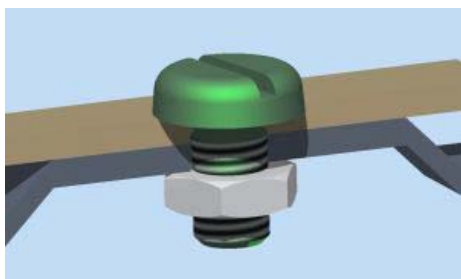
Obr. 30 Príklad spoja - menej vhodný variant



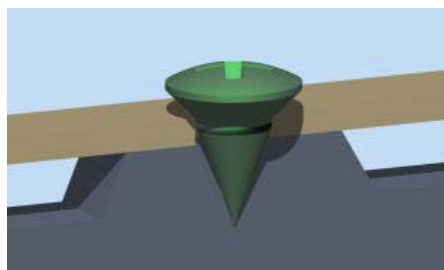
Obr. 31 Príklad spoja - vhodnejší variant

- *Uprednostňovať smer montáže zhora nadol*

U spojov, ktoré nie sú veľmi namáhané postačuje aj jednoduchšie spojenie dvoch súčiastok, ušetrí sa čas potrebný k spojeniu a spájanie sa vykonáva z jednej strany a jedným smerom.



Obr. 32 Variant spoja



Obr. 33 Variant spoja

- *Navrhovať pomôcky polohovania pri zakladaní súčiastok*

Ide o zrazenia, nábehy, pomocné plochy a pod. Pri lisovaní na hriadeli, v otvore náboja majú byť zrazené hrany pod uhlom  $45^\circ$  (riešenie č.1), alebo ešte výhodnejšie pod uhlom  $20^\circ$  až  $30^\circ$  aby sa uľahčilo lisovanie (riešenie č.2).

Množstvo nepodarkov sa dá znížiť, ak je čelo závitú realizované vo sférickom tvare a je umiestnené na spájanej súčiastke do ktorej sa realizuje skrutkový spoj sa vytvorí zrazenie, (riešenie č.3). Takýmto opatrením sa môže znížiť čas montáže a zvýšiť výrobnosť zariadenia .





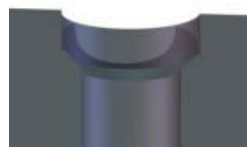
Obr. 34 Riešenie č.1



Obr. 35 Riešenie č.2



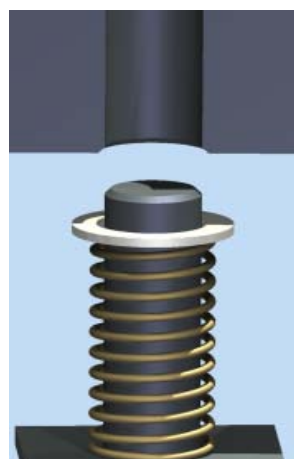
Obr. 36 Riešenie č.3



Obr. 37 Riešenie č.4



Obr. 38 Menej vhodné riešenie



Obr. 39 Vhodnejšie riešenie polohovania

***Odporúčania týkajúce sa montážnych podskupín***

- *Zohľadnenie použitia prípravkov a montážnych nástrojov*

Konštrukčné riešenie by malo zohľadňovať spôsob montáže jednotlivých dielcov tak, aby nevznikali problémy z hľadiska prístupu používaných prípravkov a nástrojov. Ide hlavne o rozličné druhy skrutkových spojov .

- *Vylúčenie možnosti chybného spojenia*

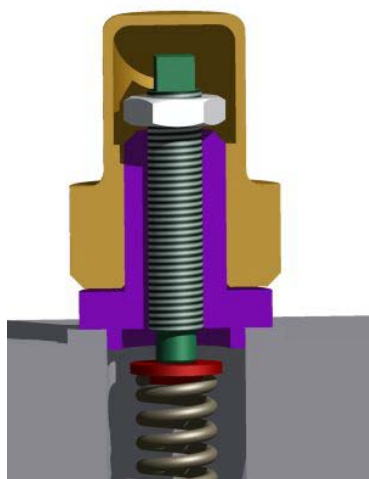
Spájané súčiastky sa majú konštruovať tak, aby nebola možnosť namontovať ich chybne. Konštruktér sa nesmie spoliehať na montážne predpisy, na pozornosť a dôvtip pracovníkov. Pokiaľ to nie je možné realizovať pri konštrukcii dielcov je nutné túto požiadavku zabezpečiť napríklad vhodnou konštrukciou montážneho prípravku.

- *Princíp minimálneho počtu súčiastok, vylúčiť súčiastky plniace rovnakú funkciu*

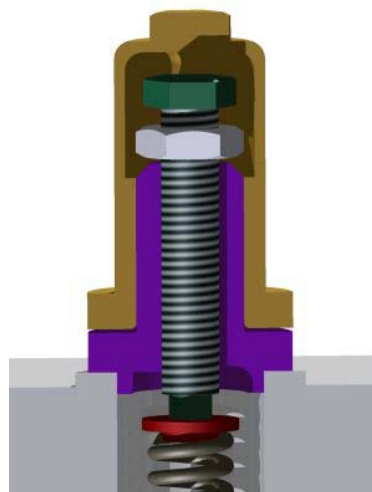
Konštruktér navrhuje čo najjednoduchšiu konštrukciu. Rozmery a hmotnosť je možné niekedy zmenšiť zlúčením niekoľkých funkcií doteraz zabezpečovaných viacerými súčiastkami do jednej súčiastky .

- *Stredenie súčiastok v smere osi*

Uloženie montovaných súčiastok sa jednoznačne určuje montážnymi základňami. Tieto neumožňujú pri montáži uložiť súčiastky ľubovoľne. Nemala by sa používať ani regulácia pomocou podložiek pretože táto zvyšuje prácnosť a môžu spôsobiť poruchy v prevádzke alebo chyby pri opravách ak ich robia nekvalifikovaní pracovníci. Príkladom je konštrukčné riešenie uvedené na obrázku nižšie.



Obr. 40 Stredenie súčiastok [51]



Obr. 41 Stredenie súčiastok [51]

Niektoré ďalšie zásady stredenia súčiastok :

- *Strediť podľa možnosti na čo najmenšom priemere čím sa zníži vôľa na minimum a ukážu sa bezvýznamné odchýlky.*

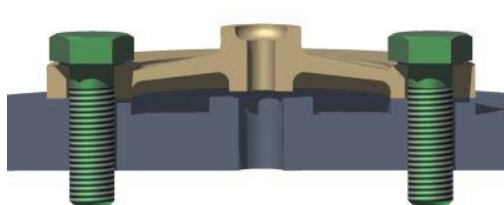
V nijakom prípade sa nemá strediť súčasne na dvoch povrchoch, ale iba na jednom a na druhom má ostať vôľa.

- *Nestrediť na závitoch pretože nie sú dost' presné.*

Všeobecne platí, že valcové povrchy treba strediť po celom obvode, miestne vybranie malých rozmerov presnosť stredenia neovplyvňuje.

V osobitých prípadoch je možné súčiastky strediť na neúplnom obvode, pričom uhol strediaceho obvodu nemá byť menší ako  $270^\circ$  a strediacia súčiastka má byť dostatočne tuhá v radiálnom smere.

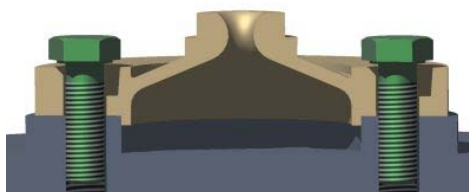
V praxi sa vyskytuje stredenie podľa ozubenia, drážky, prípadne oddelených výstupkov  
Ďalšie príklady stredenia súčiastok:



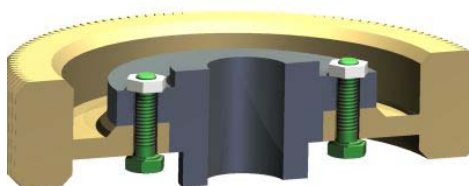
Obr. 42 Príklad stredenia súčiastky



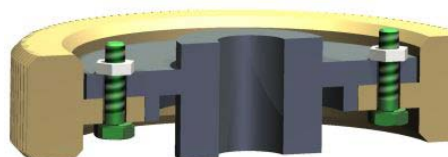
Obr. 43 Príklad stredenia súčiastky



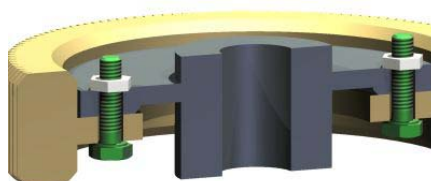
Obr. 44 Príklad stredenia súčiastky



Obr. 45 Príklad stredenia súčiastky



Obr. 46 Príklad stredenia súčiastky



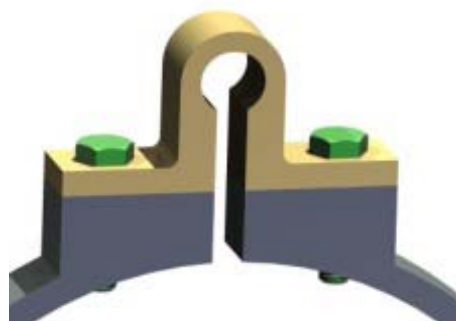
Obr. 47 Príklad stredenia súčiastky

*Stredenie na rovinných povrchoch*

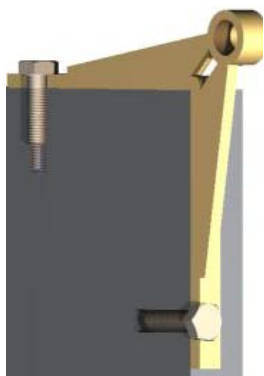
Pod snímateľné spojovacie súčiastky sa zvyčajne volia rovné plochy. Je potrebné vyhnúť sa upevneniu na valcovej ploche, pretože takéto spoje sa ťažko zhotovujú. Plocha na ktorú prilieha snímateľná spojovacia súčiastka sa musí opracovať v prípravku, ktorým sa zabezpečuje rovinnosť plôch uloženia súčiastky a telesa. Dotiahnuť skrutky rozmiestnené pod určitým uhlom rovnomerne je ťažké. V osobitých prípadoch je možné použiť aj upevnenie súčiastok pod určitým uhlom. Rovinné povrchy kde sa stýkajú veľmi presné súčiastky majú byť podľa možnosti malé.



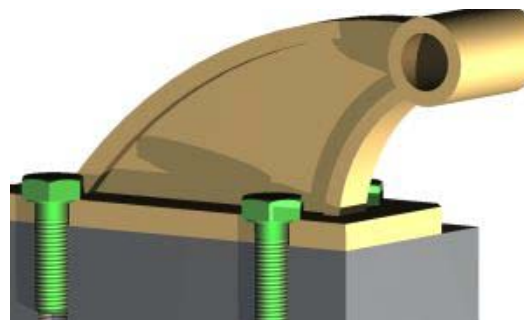
Obr. 48 Stredenie na rovinných povrchoch



Obr. 49 Stredenie na rovinných povrchoch



Obr. 50 Stredenie na rovinných povrchoch



Obr. 51 Stredenie na rovinných povrchoch

***Odporúčania týkajúce sa jednotlivých súčiastok***

- *Súčiastky sa nesmú zlepovať a spolu zmotávať*

K zabráneniu zlepeniu súčiastok môžeme navrhnúť jednoduchú zmenu konštrukcie.



Obr. 52 Pôvodný tvar súčiastky



Obr. 53 Pozmenený tvar súčiastky



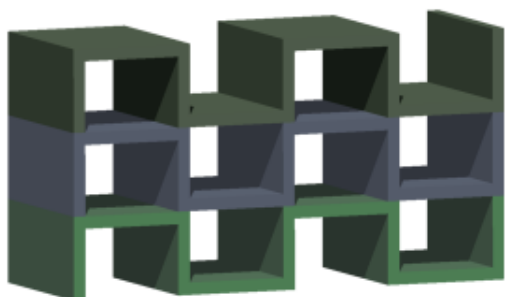
Obr. 54 Pôvodný tvar súčiastky



Obr. 55 Pozmenený tvar súčiastky

- *Pri skladovaní by súčiastky mali zaberat' čo najmenej miesta*

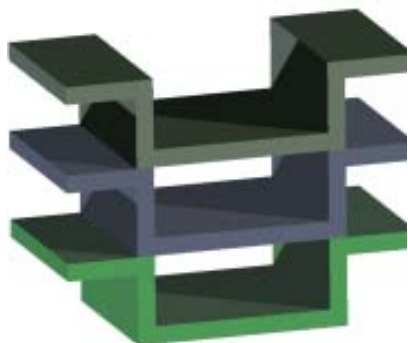
Pri väčšom počte súčiastok je najvhodnejšie aby súčiastky mali taký tvar aby mohli do seba môžu zapadnúť, čím sa ušetrí plocha skladovania.



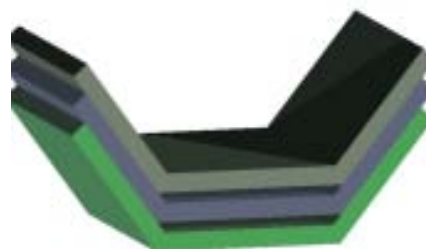
Obr. 56 Súčiastky zaberajú veľa miesta



Obr. 57 Súčiastky zaberajú menej miesta



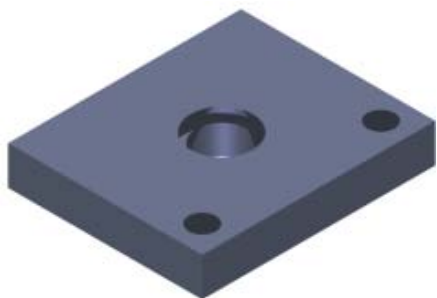
Obr. 58 Súčiastky zaberajú veľa miesta



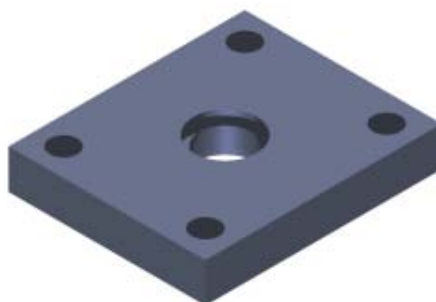
Obr. 59 Súčiastky zaberajú menej miesta

- *Uprednostňovať symetrické tvary súčiastok.*

Ak je to možné uprednostňujeme symetrické súčiastky čím zjednodušíme montáž, súčiastku nie je potrebné natáčať resp. orientovať.



Obr. 60 Asymetrická súčiastka



Obr. 61 Symetrická súčiastka

- *Výrazná asymetria*

V prípade, že sú súčiastky asymetrické mala by táto byť asymetria (tvarová /alebo rozmerová) taká výrazná, aby sa v automatickom zariadení dala jednoducho a spoľahlivo identifikovať.



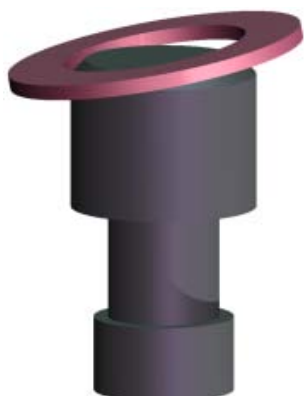
Obr. 62 Asymetrická súčiastka



Obr. 63 Súčiastka s výraznou asymetriou

- *Používať čo najdlhšie vodiace plochy.*

Zvolením vhodných vodiacich plôch a skosených hrán predídeme problémom pri montáži súčiastok.



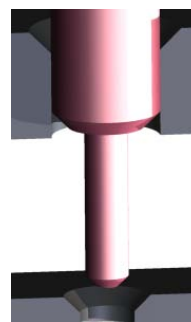
Obr. 64 Súčiastka bez vodiacej časti



Obr. 65 Súčiastka s vodiacou časťou



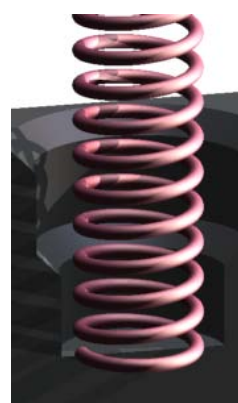
Obr. 66 Súčiastka bez vodiacej časti



Obr. 67 Súčiastka s vodiacou časťou



Obr. 68 Súčiastka bez vodiacej časti



Obr. 69 Súčiastka s vodiacou časťou

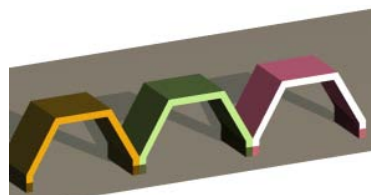
- *Chovanie sa v prírodnej sústave*

Používať doplnujúce tvary alebo plochy, ktoré slúžia na orientáciu, ustavenie, uchopenie alebo prísun súčiastky, tvar a rozmery súčiastok by mali byť také, aby sa

jednoducho orientovali a uchopovali v automatickom zariadení. Pri pohybe súčiastok v prírodnej sústave môže dôjsť ku kolízií ako na obrázku č. 70 , obrázok č. 71 má doplňujúci tvar, ktorý kolízií zabráni .

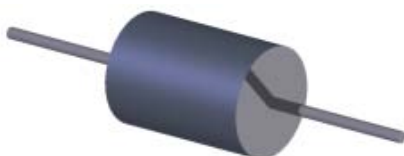


Obr. 70 Súčiastka bez doplňujúceho tvaru

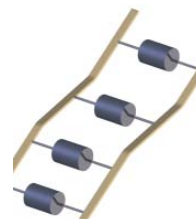


Obr. 71 Súčiastka s doplňujúcim tvarom

- *Používať integráciu niekoľkých súčiastok, vytvárať bloky súčiastok*



Obr. 72 Jeden kus súčiastky



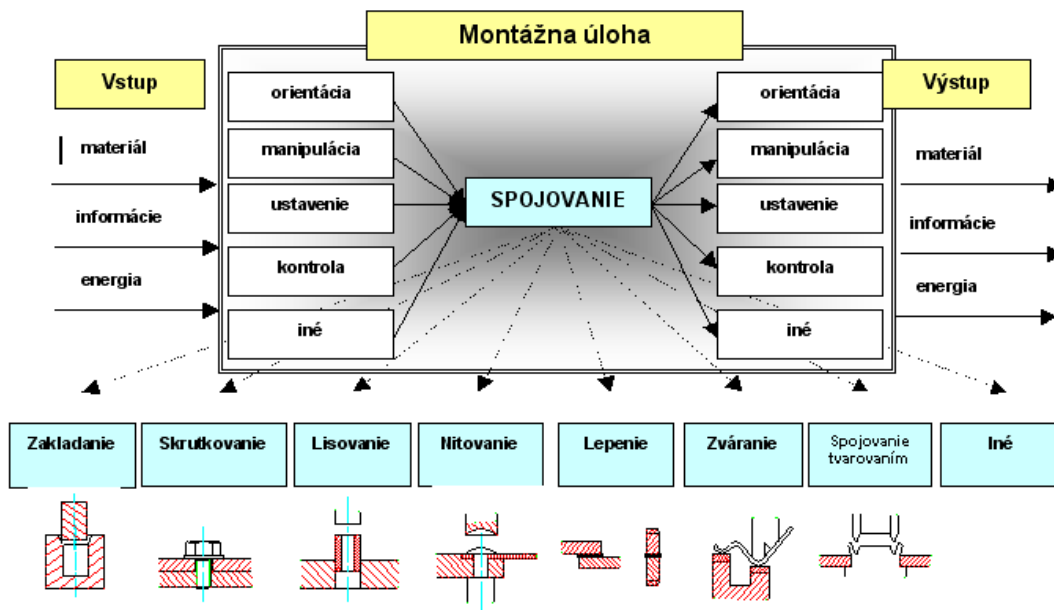
Obr. 73 Blok súčiastok

- *Vhodná voľba materiálu súčiastky*
- *Navrhovať výrazne dosadacie plochy pre dobrú stabilitu polohy súčiastky*
- *Minimalizovať hmotnosť súčiastok*
- *Využiť existujúcu funkciu súčiastky*
- *Používať doplňujúce tvary alebo plochy, ktoré slúžia na orientáciu, ustavenie, uchopenie alebo prísun súčiastky, tvar a rozmery súčiastok by mali byť také, aby sa jednoducho orientovali a uchopovali v automatickom zariadení*

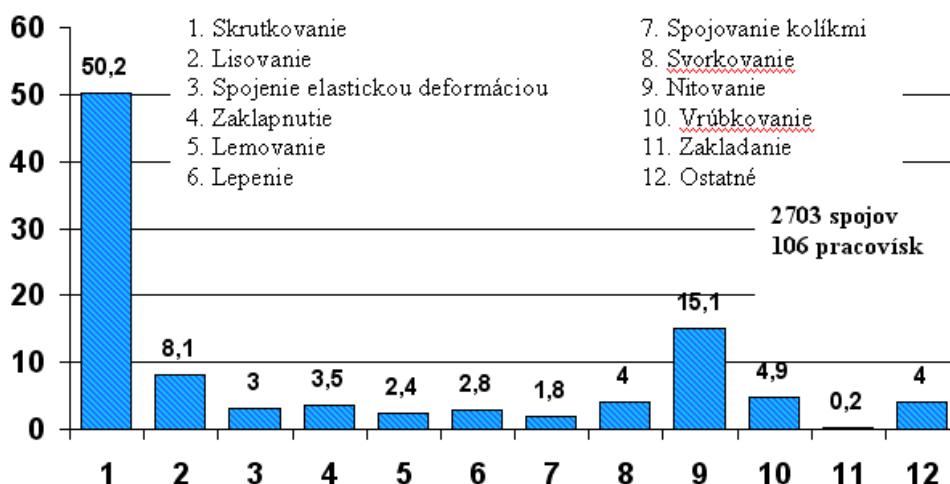


### 1.3 Montážna úloha

Montážna úloha (obr. 74) predstavuje súhrn všetkých operácií, ktoré je potrebné v rámci montáže vykonať a to vrátane manipulácie, orientácie, kontroly, upínania a pod. Percentuálne zastúpenie jednotlivých typov spojov je uvedené na obr. 75.



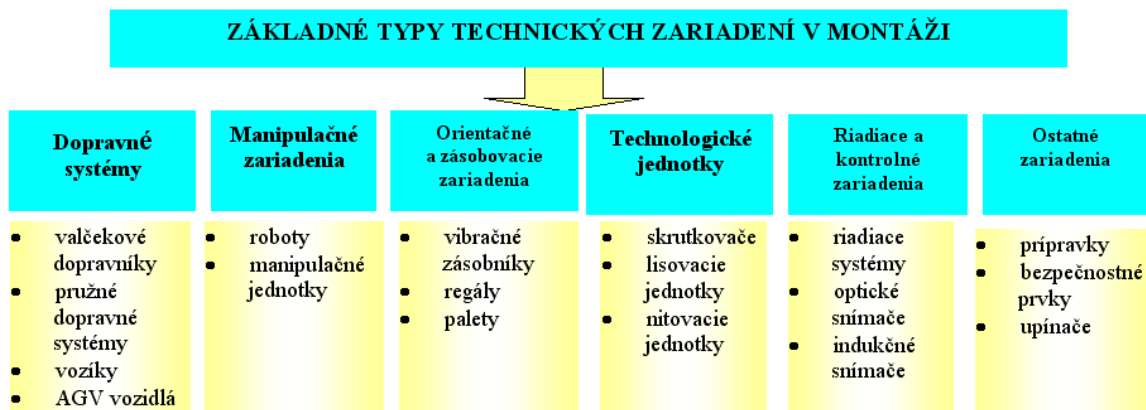
Obr. 74 Charakteristika montážnej úlohy



Obr. 75 Percentuálne zastúpenie typov spojov v automobilovom priemysle podľa [40]

## 1.4 Technické zariadenia v montáži

Rozdelenie základných typov technických zariadení používaných v montáži je uvedené na obr. 76.



Obr. 76 Základné typy technických zariadení v montáži

### *Prvky a zariadenia pre ručnú montáž*

V súčasnosti všetky známe firmy, ktoré sa zaoberajú projektovaním, výrobou a implementáciou ručných montážnych pracovísk využívajú princíp modulovosti. Výhody modulového prístupu:

- projektové, vedúce k počítačovej optimalizácii konfigurácie montážnych systémov ako základných stavebnicových prvkov integrovaných výrob riadených počítačom
- výrobo-technologické, vedúce k minimalizácii nákladov na realizáciu montážnych pracovísk a systémov, čo umožňuje optimalizovať ekonomickú efektívnosť
- prevádzkovo-servisné, vedúce k minimalizácii nákladov na prevádzku, údržbu a servis montážnych pracovísk a systémov
- spoľahlivostné, vedúce k zvýšenej spoľahlivosti počas celej životnosti systému

Prednosti modulového princípu sa prejavujú v nasledujúcich aspektoch:

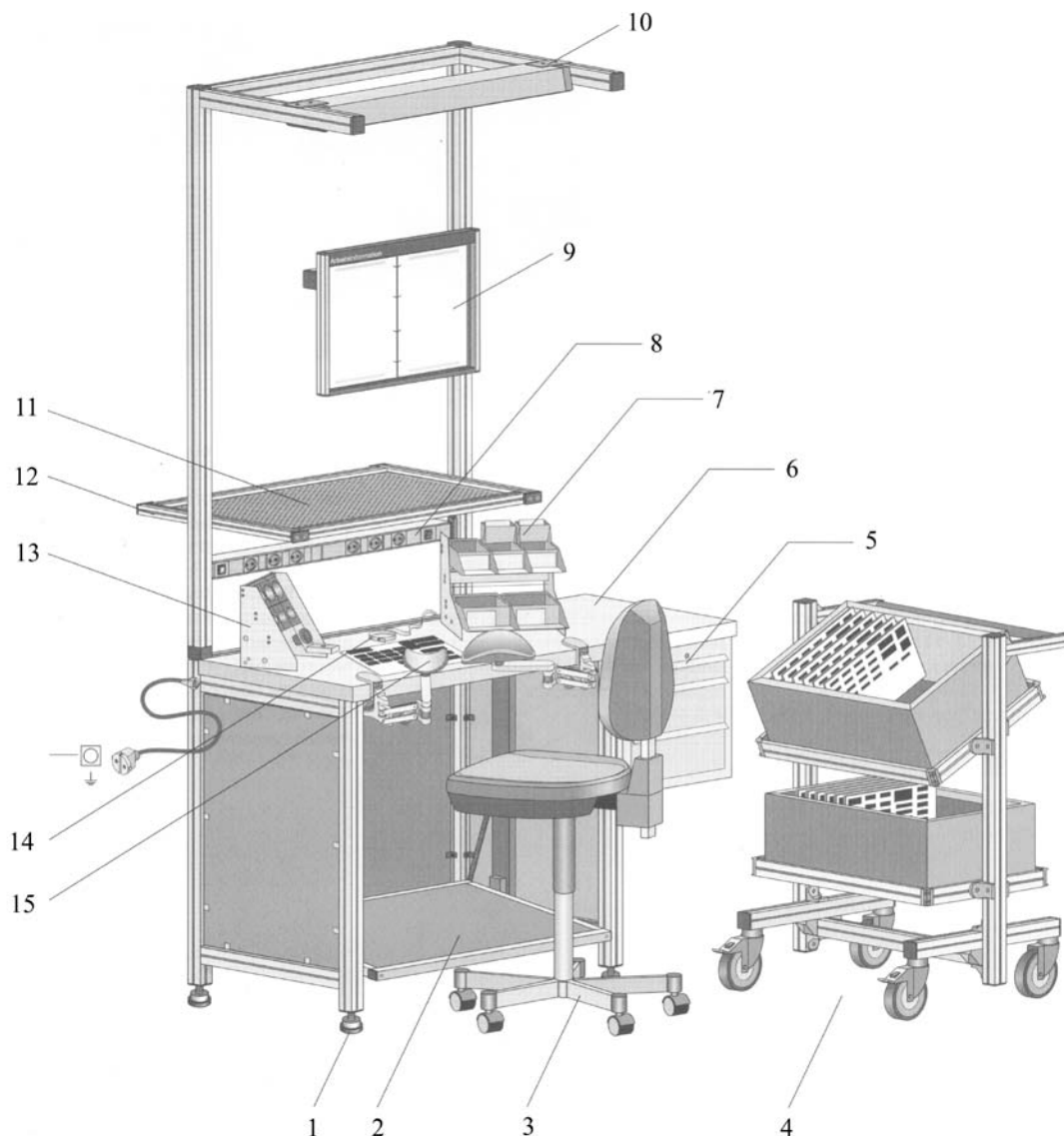
- vo vytváraní účelovo-orientovaných montážnych pracovísk s optimálnymi technicko-ekonomickými parametrami vzhľadom na konkrétne podmienky aplikácie

- v získavaní nových konfigurácií montážnych pracovísk a systémov integráciou vhodných jednotiek a modulov
- v jednoduchšom a pružnejšom prechode na nové manipulačné a montážne úlohy
- vo vyššej ekonomickej efektívnosti
- vo využití vyvinutých a overených modulov montážnych systémov a v znižovaní
- požiadaviek na vývojové a projektové práce
- vo zvyšovaní spoľahlivosti za predpokladu, že moduly sú dostatočne spoľahlivo overené
- v znižovaní nákladov na výrobu, údržbu a servis v dôsledku zníženia celkovej nomenklatúry prvkov a komponentov a zvýšenia sériovosti výroby

Pri projektovaní funkčných modulov montážnych pracovísk a systémov sa uplatňujú nasledujúce princípy:

- jednotnosť technických a konštrukčných princípov a charakteristík funkčných modulov určených na realizáciu rovnakého druhu manipulačnej a montážnej operácie
- realizácia funkčných modulov v rade typov rozmerov
- maximálna nezávislosť funkčných modulov od druhu energie a spôsobu riadenia pohybu
- vzájomná kompatibilita a prepojenosť funkčných modulov s možnosťou pružnej modifikácie konfigurácie montážnych pracovísk resp. systémov
- vysoká vnútorná unifikácia prvkov funkčného modulu

Na obr. 77 je uvedený príklad montážnej pracovnej stanice s jednotlivými typmi prvkov.



Legenda:

- 1. stabilizačné nožičky
- 2. opierky nôh
- 3. montážne stoličky
- 4. prepravný zásobník
- 5. zásuvková skrinka
- 6. montážne stoly
- 7. zásobník materiálu
- 8. energetické prípojky

- 9. informačná tabuľa
- 10. osvetlenie
- 11. nadstavec
- 12. rám nadstavca
- 13. zásobník náradia
- 14. bezpečnostný náramok
- 15. opierky rúk

Obr. 77 Pracovná stanica [4]

### *Dopravné systémy a vozidlá*

Riešenie dopravných úloh t.j. transportu montovaných súčiastok a dielcov je integrálnou súčasťou projektu montážneho procesu. V oblasti integrácie materiálového toku sa v montáži najčastejšie využívajú pružné dopravné systémy modulovej koncepcie a to tak reťazové, valčekové alebo s nosičom pohybujúcim sa na plynulo sa pohybujúcom páse. Návrh dopravného systému pre proces montáže má svoje špecifická vyplývajúce z charakteru montážnej úlohy.

Charakter montážneho procesu zásadným spôsobom ovplyvňuje spôsob dopravy súčiastok a dielcov. Pri návrhu dopravníka resp. dopravného systému je samozrejme potrebné sa riadiť známymi platnými princípmi. Cieľom je vždy dopraviť správne množstvo súčiastok alebo dielcov na správne miesto v správnom čase a kvalite s primeranými nákladmi a so správnou informáciou.

V prípade montáže potrebujeme riešiť aj otázky ako napríklad či sa na dopravnom systéme bude realizovať montáž alebo nie, či prepojenie medzi pracoviskami má byť pružné, voľné alebo pevné, či máme v systéme paralelne pracujúce pracoviská a podobne.

Trh ponúka široké spektrum dopravných systémov a dopravníkov. Tieto sa používajú prakticky vo všetkých výrobných a v mnohých nevýrobných oblastiach hospodárstva. Samozrejme že je možné navrhnuť a vyrobiť dopravník individuálne pre konkrétnu dopravnú úlohu. V montážnych procesoch sa najčastejšie používajú modulové pružné dopravné systémy z ktorých značná časť používa obiehajúce palety na ktoré je možné umiestniť prípravok s montovaným výrobkom prípadne realizovať na tejto palete samotnú montáž. Súčasťou je systém senzorov, ktoré snímajú proces a umožňujú pružne reagovať na zmeny prípadne poruchy celého procesu. Samozrejma je aj identifikácia obsahu každej obiehajúce palety čo má zmysel v prípade, že sa dopravný systém vetví resp. ak sa montujú varianty výrobku resp. skupina výrobkov.







Vo väčšine prípadov majú tieto dopravné systémy modulovú konštrukciu a sú k dispozícii v rozmerových variantoch. Napríklad firma Altratec [1] ponúka modulový dopravný systém s nasledujúcou špecifikáciou: rýchlosť transportu od 1 – do 20 m/min, základné rozmery palety 170 x 170 mm až 600 x 600 mm a hmotnosť výrobku do 50 kg. V uvedenom rozmedzí je možné navrhnuť individuálne riešenie dopravného

## Montáž v automobilovej výrobe

systemu, ktorý je prispôsobený montážnej úlohe a je poskladaný z existujúcich kompatibilných modulov.

Keďže komerčný dopravný systém nie je obvykle prioritne určený pre jednu technológiu alebo produkt oblasti aplikácie môžu byť rozmanité. V tabuľke 4 sú uvedené príklady rozličných aplikácií dopravných systémov od potravinárskeho až po automobilový priemysel.

Tab. 4 Príklady aplikácie dopravných systémov

 <p>Riešenia pre automobilový priemysel firmy DMW</p>	 <p>Riešenia pre automobilový priemysel firmy DMW</p>
 <p>Dopravný systém Vario-flow firmy Bosch</p>	 <p>Dopravný systém firmy Flexlink</p>
 <p>Aplikácia dopravného systému firmy Stein-automation</p>	 <p>Aplikácia dopravného systému firmy Bosch</p>

Dopravné systémy vyrába a ponúka celý rad firiem. Ponúkané dopravné systémy sú obvykle súčasťou širšieho sortimentu produktov výrobcu a ich základné určenie a aplikácia súvisia so špecializáciou firmy.

Automaticky navádzané vozidlá (Automated Guided Vehicles- AGV) sú ďalším z možných riešení materiálového toku aj v oblasti montáže hlavne u takých výrobkov ako sú motory, časti vozidiel – karosérie a pod. Samotná problematika výberu a návrhu tohto systému dopravy je pomerne rozsiahla a v rámci nej je potrebné riešiť otázky ako napríklad: spôsob navigácie, použitá technológia, spôsob riadenia, voľba trasy, frekvencia a pod. V tabuľke 5 sú uvedené príklady aplikácie AGV vozidiel.

Tab.5 Príklady typov automaticky navádzaných vozidiel a ich aplikácie



Aplikácia laserom navádzaného automatického ťahača firmy FMC Technologies vo firme Ford podľa <http://www.fmcsvcs.com>



Transportný systém "Caddie Cart" – ťahač s paletami a nádobami pre zásobovanie pracovísk drobnými súčiastkami podľa [www.tms-automotion.com](http://www.tms-automotion.com)



Vozidlo firmy TMS Automotion GmbH, Linz Rakúsko so špeciálnym zverákovým chápadlom podľa [http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:FTF\\_mit\\_Klammergreifer.JPG&filetimestamp=20060714172546](http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:FTF_mit_Klammergreifer.JPG&filetimestamp=20060714172546)



Aplikácia AVG transportného systému pri finalizácii automobilov podľa [www.tms-automotion.com](http://www.tms-automotion.com)



AVG vozidlo pre transport kabíny vodiča podľa [www.tms-automotion.com](http://www.tms-automotion.com)



AVG systém na pracovisku „svadby“ pre športové vozidlá podľa [www.tms-automotion.com](http://www.tms-automotion.com)



AVG pri montáži motorov podľa [www.tms-automotion.com](http://www.tms-automotion.com)



Zásobovanie montážnej linky pomocou AVG vozidiel podľa [www.tms-automotion.com](http://www.tms-automotion.com)

### ***Zariadenia pre automatickú orientáciu***



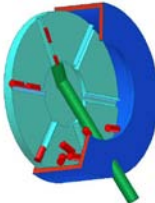
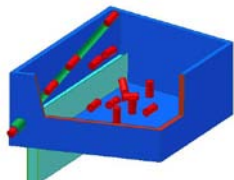
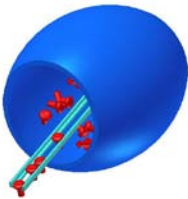
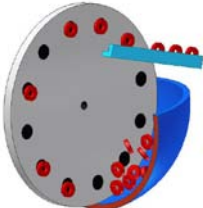
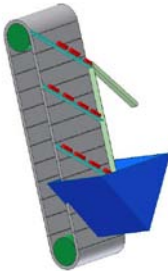

Pre vytvorenie zásoby súčiastok, ich orientáciu a dopravu na miesto montáže je možné použiť rozličné typy zariadení. Väčšina z nich je určená pre automatizáciu v hromadnej výrobe. Ich konštrukčné parametre sú úzko spojené s rozmermi a tvarom súčiastky. Pre aplikáciu je obvykle potrebné navrhnuť a vyrobiť zásobník, ktorý je v podstate jednoučelovým zariadením. Niektoré firmy ponúkajú takého typu zásobníkov sú však obvykle vyrábané kusovo a pre konkrétneho zákazníka. Na obr. 78 sú uvedené príklady typov zásobníkov. Jednou z výnimiek je tzv. miskový vibračný zásobník. Tento typ zásobníka v rozličných prevedeniach je v ponuke prakticky každej firmy, ktorá sa zaoberá zariadeniami pre automatickú orientáciu súčiastok.

### ***Miskový vibračný zásobník***

Ide o najznámejší a najčastejšie používaný typ zásobníka. Jeho výhodou je to, že základ zásobníka t.j. stojan, riadenie a mechanizmus pohonu sú v rámci istých parametrov rovnaké pre všetky súčiastky. Prvky pre orientáciu súčiastky ktoré sú individuálne a jednoučelové sa upevňujú na tento zásobník resp. jeho vnútornú dráhu prípadne sa



táto dráha upravuje. Zásobník je možné zakúpiť bez orientačných prvkov a neskôr tieto doplniť

Miskový vibračný zásobník	Zásobník s pevným hákom	Zásobník s rotačným kotúčom	Zásobník s bočnou lopatkou
			
Bubnový zásobník	Diskový magnetický zásobník	Výťahový zásobník	Zásobník s pohyblivou trubicou
			

Obr. 78 Príklady zariadení pre zásobovanie, automatickú orientáciu a prívod súčiastok v montáži

*Miskové vibračné zásobníky* sa vyrábajú v rozličných prevedeniach resp. variantoch. Na obr. 79 sú uvedené príklady rozličných prevedení zásobníkov. K dispozícii sú zásobníky s výmennou čašou, niektorí výrobcovia ponúkajú pravé a ľavé prevedenie. Z hľadiska materiálu sa najčastejšie používa ušľachtilá oceľ, ale existujú aj iné materiálové prevedenia ako napríklad prevedenie z umelej hmoty.

Okrem diskového vibračného zásobníka sa používa aj tzv. lineárny vibračný zásobník, ktorý sa obvykle kombinuje s miskovým vibračným zásobníkom a realizuje ako hlavnú funkciu dopravu súčiastok na miesto montáže. Princíp orientácie v miskovom vibračnom zásobníku je na obr. 80.

Čaša kaskádového vibračného zásobníka firmy Vibratory Feeders Inc.



Vibračný zásobník s dávkovačom firmy ISB Automation



Tradičný typ vibračného zásobníka firmy Grimm Zuführtechnik GmbH & Co. KG

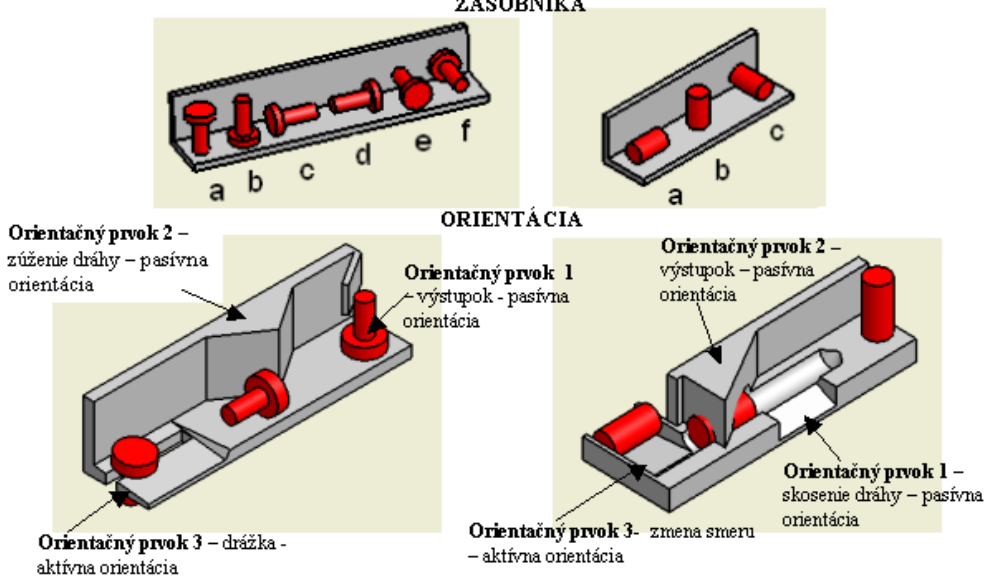


Vibračný zásobník s vonkajšou dráhou firmy s vonkajšou dráhou Industrial Feeding Systems



Obr. 79 Príklady rozličných typov miskových vibračných zásobníkov

POLOHY SÚČIASTKY V DRÁHE ZÁSOBNÍKA



Obr. 80 Princíp orientácie vo vibračnom miskovom zásobníku

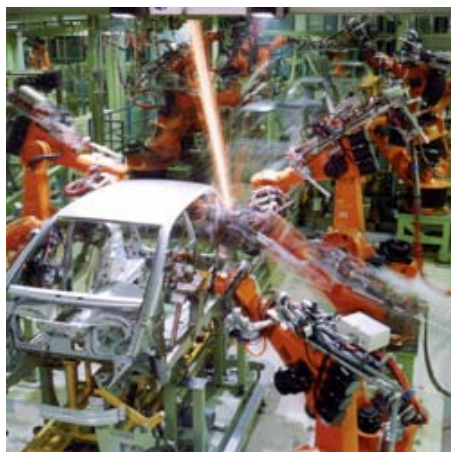
*Priemyselné roboty a manipulátory*

Pojmom "priemyselný robot" sa označujeme komplexný technický systém, subsystemy ktorého sa nachádzajú vo vzájomnej interakcii a charakterizujú celý systém

z hľadiska pružnosti a možnosti nasadenia. Kinematika, pohony, efekty, riadenie, senzory, programovací systém a počítač na realizáciu riadiaceho programu sú najdôležitejšími subsystémami každého priemyselného robota.

Podľa definície priemyselný robot je automatický stroj obsahujúci výkonný mechanizmus - manipulátor s dvoma a viacerými stupňami voľnosti a obsahujúci preprogramovateľný riadiaci systém, ktorý vykonáva motorickú a riadiacu funkciu vo výrobnom procese.

Nasadenie priemyselných robotov v montážnych procesoch je rozsiahla a pomerne komplikovaná záležitosť. Najdôležitejšími kritériami aplikácie sú ekonomické kritériá a kritériá kvality výslednej produkcie. Najbežnejšie je možné priemyselné roboty nájsť v oblasti finálnej výroby sériových automobilov. Na obr. 81 je uvedený príklad aplikácie priemyselných robotov Kuka.



**Obr. 81 Aplikácia priemyselných robotov Kuka pri stavbe karosérie automobilu Mercedes triedy A Benz u firmy DaimlerChrysler [30]**

Pojmom manipulátor sa obvykle označuje technické zariadenie pre manipuláciu resp. pre realizáciu rozličných technologických operácií pozostávajúce z viacerých pohybových osí. Na rozdiel od priemyselného robota je lacnejšie, čo je hlavný dôvod jeho aplikácie tak v automatizovaných ako aj hybridných montážnych systémoch. Samozrejme, že rozsah možných pohybov, spôsob riadenia, dosah, tvar pracovnej zóny je iný. Tieto manipulátory sú často k dispozícii vo forme modulov – základných pohybových osí, z ktorých je možné vytvoriť si vlastnú konfiguráciu. Ako príklad je možné uviesť ponuku firmy Festo [14], ktorá k svojim manipulátorom poskytuje samozrejme aj tzv. maticu systému t.j. popis jednotlivých modulov a ich kompatibilitu

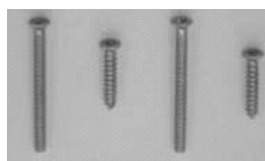
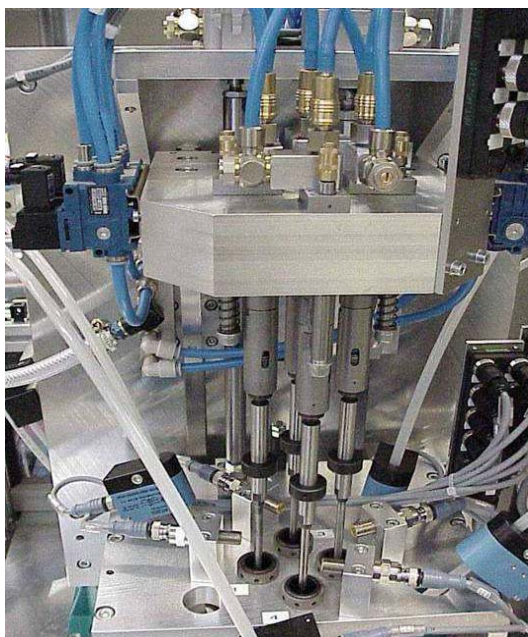
s ostatnými modulmi pre rýchlu stavbu vlastnej aplikácie. Na obrázku 82 je uvedený printscreen obrazovky videa aplikácie Pick and Place manipulátora firmy Festo.



Obr. 82 Printscreen video ukážky aplikácie Pick and Place manipulátora firmy Festo [14]

### *Technologické jednotky, nástroje a náradie*

V montážnych pracoviskách sa realizuje celý rad rozličných technológií spojovania. Pre ich realizáciu sú potrebné nástroje, náradie, prípravky prípadne technologické jednotky. Medzi najčastejšie používané patria skrutkovacie, lisovacie a nitovacie jednotky a zariadenia. Všetky tieto jednotky sa vyrábajú v stolovom prevedení a je možné ich použiť tak v ručnej, hybridnej ako aj v automatizovanej montáži. Takéto technologické jednotky je možné navrhnuť a vyrobiť ako vlastné riešenie alebo použiť v projekte niektorú z jednotiek z ponuky celého radu výrobcov. Na obr. 83 je uvedený príklad aplikácie firmy WEBER.



- 4-vretenová skrutkovacia jednotka pre skrutkovanie
- 4 skrutiek do plastového dielca
- 4- jednotky pre prívod skrutiek
- pneumatický pohon
- čas skrutkovania 2 sekundy

Obr. 83 Príklad aplikácie skrutkovacej jednotky firmy Weber [60]

### *Snímače a riadiace systémy*

Integrálnou súčasťou všetkých typov montážnych systémov je vybavenie snímačmi a riadením a to aj v prípade ručných montážnych pracovísk, ktoré sú vybavené rozličnými typmi snímačov, ktoré monitorujú proces ručnej montáže. Sú určené pre správnu realizáciu montážneho procesu, kontrolujú predpísané parametre montážnych operácií, umožňujú informovať pracovníka o stave technických zariadení, blokujú vykonávanie operácií v prípade poruchy, pri nesprávne nastavených parametroch resp. pri aplikácii nesprávnych nástrojov, prípravkov a pod. Tieto snímače sú súčasťou komplexného montážneho pracoviska a slúžia predovšetkým pre zabezpečenie kvality výslednej montovanej produkcie. Ak sa využívajú aj pre potreby riadenia a hodnotenia procesu montáže, potom sa na základe požiadavky vytvorí špeciálny softvér určený len pre tú ktorú konkrétnu aplikáciu. Detaily je možné nájsť napr. v literatúre [34].

Komplexné riešenie montáže si vyžaduje aj návrh a realizáciu vhodného spôsobu riadenia. V podstate je možné pre riadenie pracoviska použiť riadiaci systém, ktorý sa dodáva k niektorému zo zariadení použitých na pracovisku (priemyselný robot,

dopravný systém a pod.), postaviť vlastný riadiaci systém, ktorý bude vytvorený „na mieru“, alebo použiť riadiaci systém, ktorý ponúka niektorý z výrobcov napr. firma Siemens. Pre kontrolu a riadenie technologických procesov sa nikdy nepoužívajú osobné počítače.

### *Typy snímačov*

Snímače sú funkčné prvky, ktoré sú v priamom styku s meraným prostredím. Pojem „snímač“ je ekvivalent pojmu „senzor“, „detektor“, alebo aj „prevodník“. Vlastná citlivá časť snímača je označovaná ako čidlo.

Snímač je primárny zdroj informácie, ktorý sníma fyzikálne, chemické, alebo tiež biologické hodnoty a prevádza ich najčastejšie na elektrické signály ako napätie, prúd, kapacita, odpor a pod [34].

Prevod snímanej hodnoty a tým aj jeho výstupný signál môže byť dvojaký a na základe toho je možné snímače rozdeliť do dvoch základných skupín:

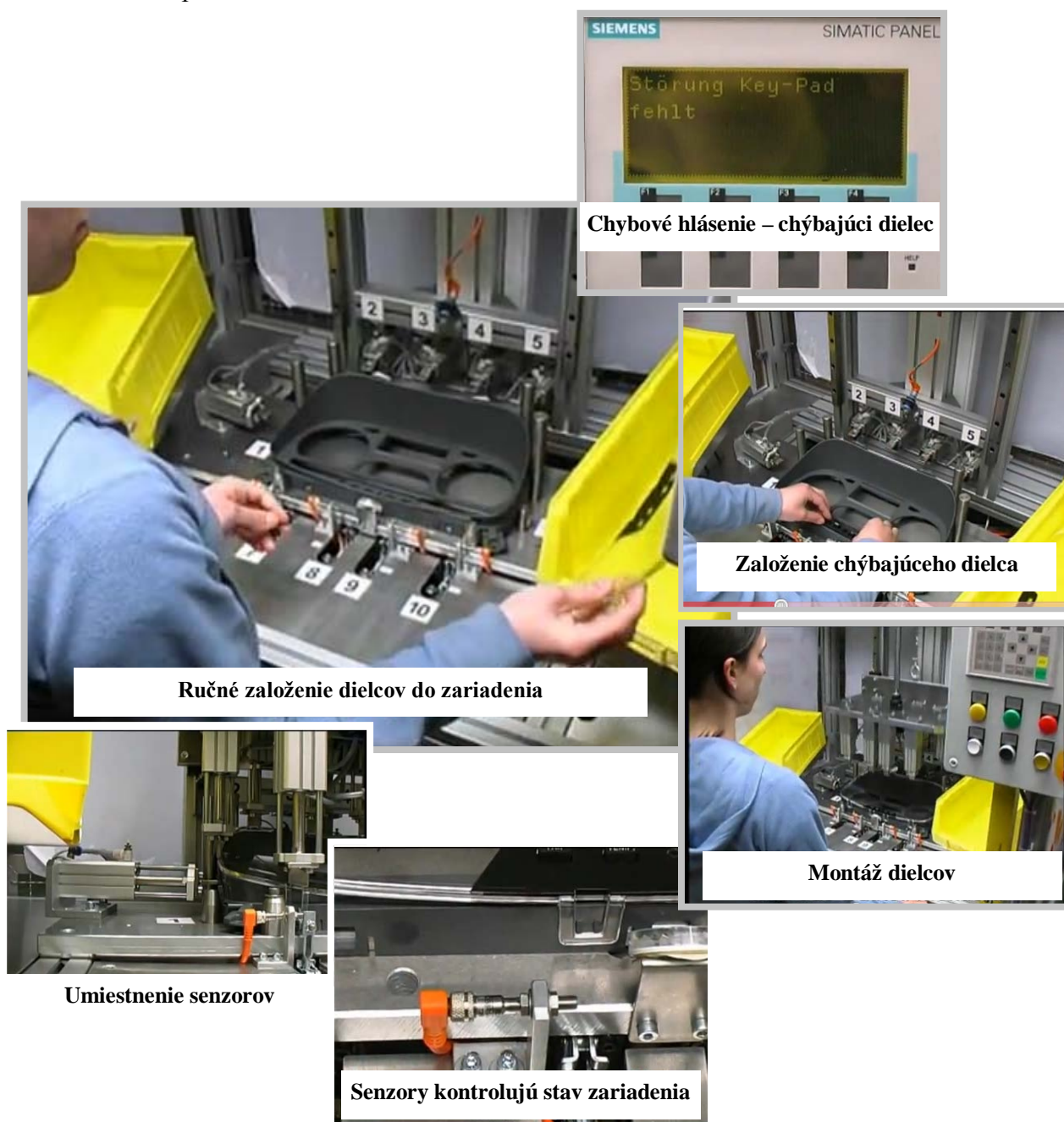
- binárne snímače
- analógové snímače

U analógového prevodu zodpovedá hodnota meranej veličiny určitej hodnote výstupného napätia, prúdu, odporu a pod. Prenos analógového signálu sa dnes väčšinou rieši pomocou prúdovej slučky o úrovni 20 mA a meraná veličina sa prevádza na jej úmernú úroveň. Pri binárnom prevode je výstup dvojstavový (1/0, áno/nie, zapnutý/vypnutý), pričom zmena stavu nastáva pri určitej vybranej hodnote meranej veličiny a je buď nastavená pevne výrobcom snímača, alebo je možné ju nastaviť podľa potreby priamo na snímači.

Moderné trendy smerujú k zberniciam, to znamená že výstupy analógových snímačov sa prevádzajú na digitálne a tie komunikujú podľa určitého dátového protokolu po sériovej zbernici. Binárne snímače sa pripájajú podľa šírky zbernice (8, 16, alebo 32) do uzlu, ktorý je prvkom tejto zbernice. Analógové snímače sa v montážnych technológiách používajú podstatne menej ako binárne. Tlaky, teploty, hladiny, alebo vzdialenosti sú iba doplnkové veličiny u ktorých postačuje iba hlásenie prekročenia určitej definovanej hranice. Binárne snímače majú použitie omnoho obcenejšie a v podstatne väčšej miere. Vzhľadom na ich výstup je aplikácia, prenos údajov a tiež spracovanie jednoduchšie a spoľahlivejšie [34].

Jednotlivé fyzikálne veličiny je možné snímať rôznymi spôsobmi. Každý zo spôsobov snímania má pre danú potrebu určité výhody, alebo nevýhody. Preto existujú aj rôzne prevedenie snímačov, ktoré je možné rozdeliť do nasledovných skupín [34]:

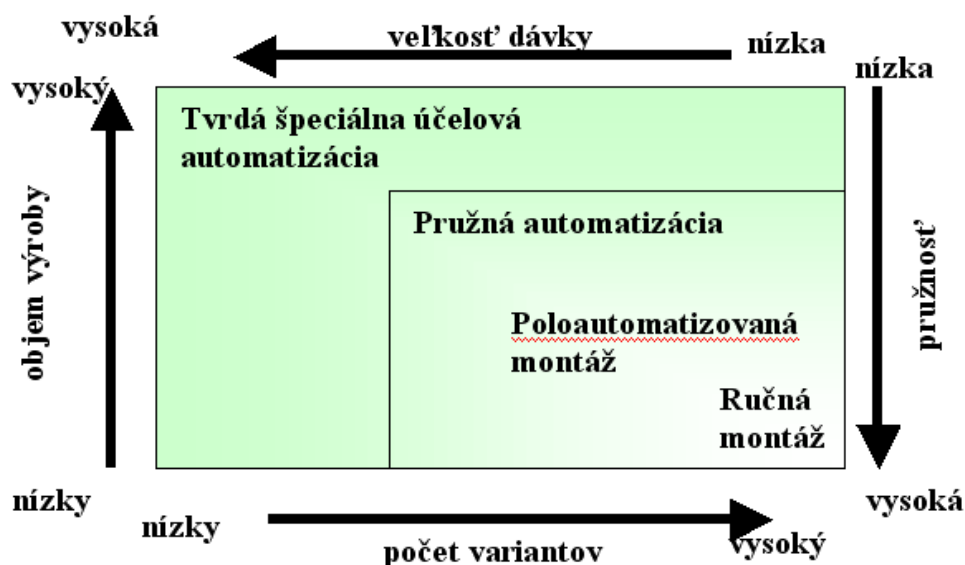
- Indukčné snímače
- Kapacitné snímače
- Magnetické snímače
- Ultrazvukové snímače
- Optické snímače



Obr. 84 Príklad senzorického vybavenia ručného montážneho pracoviska podľa [3]

## 1.5 Typy montážnych systémov

Pri definovaní a klasifikácii typov montážnych systémov sú kľúčovými zohľadňovanými parametrami objem výroby, požadovaná pružnosť, počet variantov výrobku, taktový čas, komplexnosť výrobku prípadne jeho hmotnosť. Z analýzy celého radu prístupov v tejto oblasti je možné konštatovať, že výber typu montážneho systému na základe vypracovaných doporučení je vždy orientačný a je potrebné vykonať podrobnejšie, hlavne ekonomické analýzy. Príklad závislosti typu montážneho systému od zvolených kritérií ilustruje obr. 85.



Obr. 85 Závislosť typu montážneho systému od vybratých kritérií podľa [18]

Z hľadiska stupňa automatizácie sa montážne systémy rozčleňujú na ručné, hybridné a automatizované, z hľadiska flexibility poznáme tvrdé a pružné systémy. Z hľadiska štruktúry môže byť montážny systém orientovaný na výrobok, materiálový tok, kvalifikáciu personálu, organizačnú formu, výrobné prostriedky alebo štruktúru výrobku.

Ďalšou možnosťou klasifikácie je rozdelenie na montážne pracovisko, bunku, linku a systém. K možnostiam klasifikácie patrí rozdelenie podľa materiálového toku, typu transportného prostriedku, miesta montáže, prepojenia pracovísk, stupňa integrácie prípadne diferenciacie.



Aj keď časť spoločností rieši problémy zefektívnenia montážnych procesov ich automatizáciou, stále existuje veľká časť montážnych úloh v ktorých sa preferuje ručná montáž. Tieto montážne úlohy vyžadujú opakovanú činnosť vrátane vizuálnej kontroly. Hlavným trendom v oblasti ručných montážnych pracovísk je ergonomické hľadisko, ktoré sa sústreďuje na interakciu medzi pracovníkom a jeho pracovným prostredím pre zvýšenie bezpečnosti a efektívnosti práce. Ide napríklad o možnosť individuálneho prispôsobenia výšky pracovnej plochy podľa výšky pracovníka, možnosť nastavenia pracovnej plochy z dôvodu polohovania montovaného objektu a pod. Ďalším dôležitým trendom je *tímová* práca, rotácia pracovníkov, striedanie pracovných miest a pod.

Vzhľadom na vysoké požiadavky na kvalitu a na bezpečnosť prevádzky a užívania jednotlivých montovaných dielcov pokračuje trend tzv. prevzatia individuálnej zodpovednosti pracovníka za kvalitu práce. t.j. na pracovisku sa evidujú parametre a údaje, ktoré môžu následne viesť k zisteniu prípadných chýb resp. ich príčin, ako aj stanovenie príslušnej zodpovednosti za ne.

Stále častejšie sú súčasťou pracoviska *systemy automatizovanej kontroly kvality* realizovaných montážnych operácií so spätnou väzbou t.j. možnosťou okamžite vyradiť dielec s nesprávne realizovanou montážnou operáciou.

Neustále sa rozširuje automatické snímanie vybraných veličín resp. charakteristík, ktoré umožňujú registrovať stav prípadne kvalitu spoja. V niektorých prípadoch dostáva pracovník aj presnú charakteristiku jednotlivých úkonov, ktoré má vykonať tak, aby nedošlo v prípade zmeny variantu montovaného výrobku k chybe. Súčasťou celkového riešenia býva *evidencia a kontrola* nadradeným riadiacim systémom, ktorý eviduje údaje a riadi celý proces montáže.

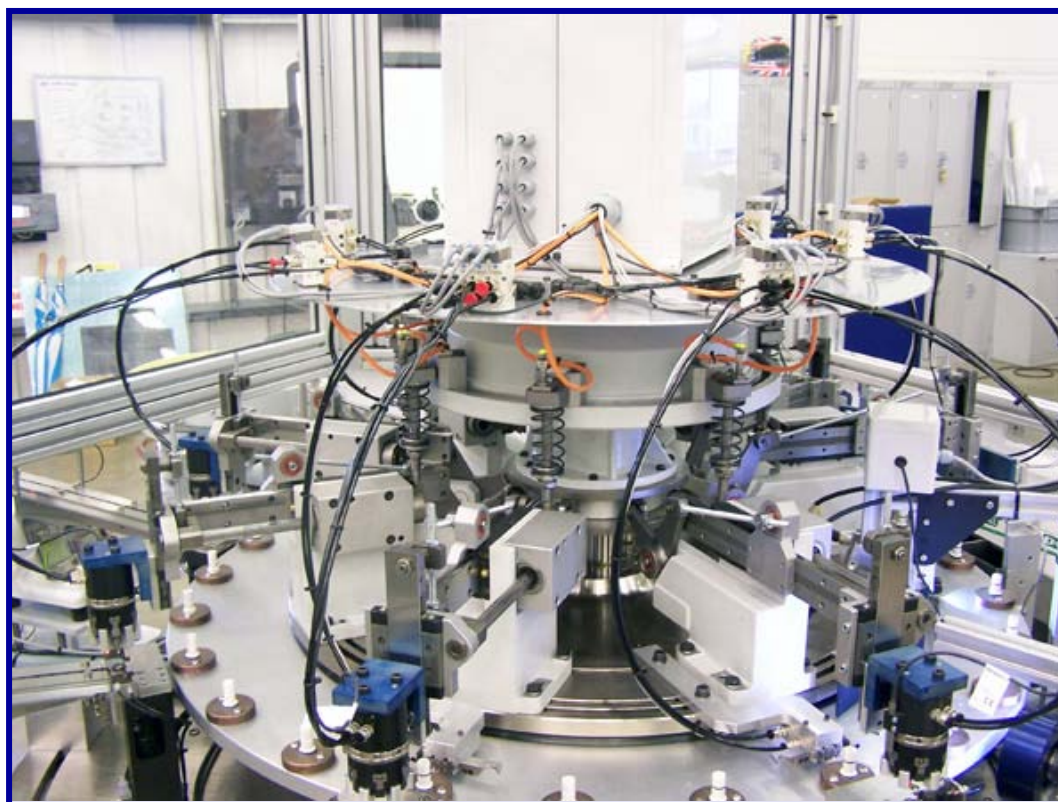
V prípade hybridných montážnych systémov ide o integráciu montážnej techniky a ľudskej pracovnej sily, kde sa hlavné úlohy sústreďujú na integráciu robotov a ručných montážnych pracovísk a alokačné a ergonomické úlohy systému človek – robot. Z hľadiska požiadaviek pružnosti je potrebné rátať s aplikáciou redundantných ručných pracovísk, s počítačovou kontrolou a zobrazovaním činnosti robotov, ako aj s vývojom optimálnych dispozičných riešení vzhľadom na ergonómiu, bezpečnosť a pružný materiálový tok.

V oblasti pružných montážnych pracovísk sa smer vývoja koncentruje na zvyšovanie pružnosti, redukciu nákladov na manipuláciu a redukciu chýb pri

manipulácii a orientácii. Ide aj o zabezpečenie integrácie špeciálnych jednouchcelových montážnych staníc a individuálne programovateľnými montážnymi bunkami, zabezpečenie plynulosti montáže a rekonfigurovateľnosti.

Neoddeliteľnou súčasťou automatizovaných montážnych systémov sú systémy pre automatizovanú kontrolu kvality tak konečného produktu, ako aj kontrolu kvality jednotlivých montážnych operácií a/alebo spojov. Chybné súčiastky, dielce resp. zmontované výrobky sa automaticky vyradzujú a v závislosti od konkrétnej aplikácie vracajú na opravu a následnú kontrolu.

Z hľadiska ďalšieho vývoja je možné očakávať snahu o užšie prepojenie a postupujúcu integráciu s inými výrobnými celkami, s prípravou materiálu a skladovacími systémami a pod. Na obrázkoch 86 až 93 sú uvedené príklady rozličných typov montážnych systémov



Obr. 86 Automatizované montážne pracovisko s otočným stolom [61]



Obr. 87 Automatizovaná montážna linka pre skrútkovanie



Obr. 88 Individuálne ručné montážne pracovisko [24]



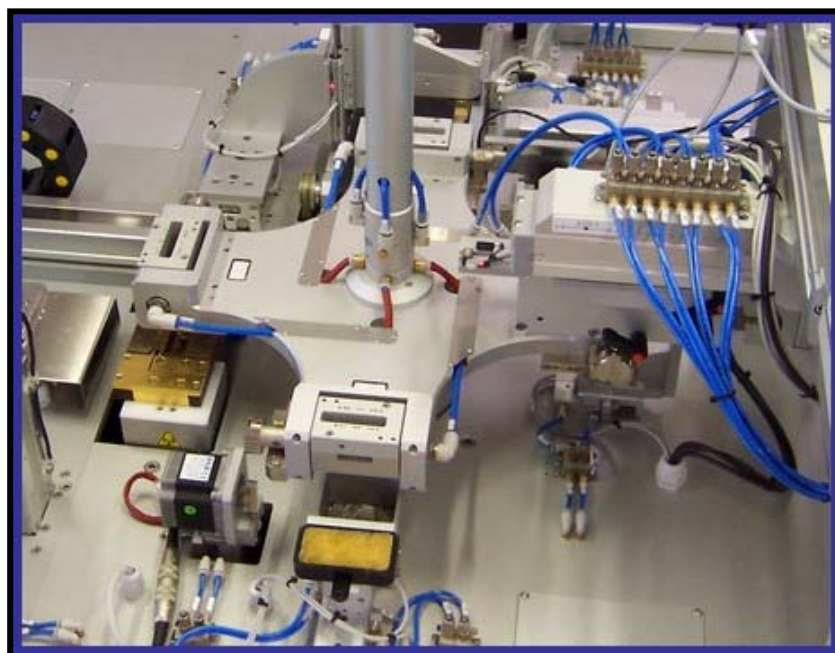
Obr. 89 Ručný montážny systém [6]



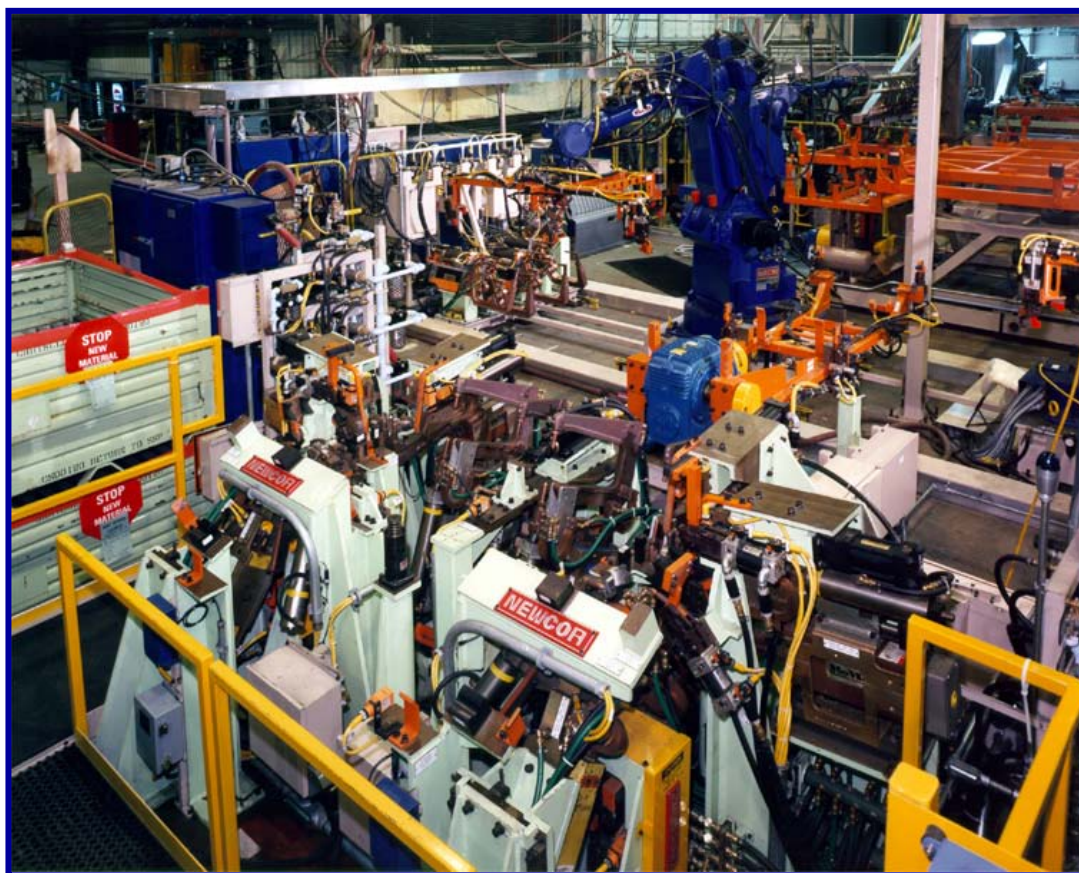
Obr. 90 Ručná montážna linka



Obr. 91 Ručná montážna linka [27]



Obr. 92 Špeciálny montážny stroj [50]



Obr. 93 Robotizovaný montážny systém

## 2 Požiadavky na výučbový modul

Viacere firmy a organizácie majú na internete uvedené informácie o finálnej montáži automobilov, ktorých spracovanie bolo analyzované s cieľom získať prehľad o možných prostriedkoch a spôsoboch spracovania.

Pri vyhľadávaní informácií o existujúcich prístupoch a príkladoch montáže vo výrobe automobilov boli vytypované štyri príklady informačných materiálov, ktoré sú dostupné na internete.

### *Informačný materiál firmy PSA Peugeot Citroën*

Firma poskytuje na svojej stránke tzv. Virtual visit of a Car Plant (virtuálnu návštevu závodu pre výrobu automobilov), kde je možné získať základné informácie o finálnej montáži automobilov a ostatných procesoch výroby. Na obr. 94 je uvedený príklad tejto virtuálnej návštevy.



Obr. 94 Vstupná obrazovka firmy PSA [41]

Firma PSA má na stránke zároveň k dispozícii kvalitné, niekoľkominútové videoukážky montáže niektorých typov automobilov z rôznych výrobných závodov PSA. Táto internetová stránka je prezentovaná formou, ktorá okrem iného zaujme aj deti a mládež. Je tu množstvo zaujímavých vecí, ktoré sa týkajú oblasti automobilizmu. Sú tu aj rôzne hry, animácie a obrázky. Najmä pre deti a verejnosť nehovoriacu nemeckým jazykom je nevýhodou to, že popisy na stránke sú výhradne v nemeckom jazyku.

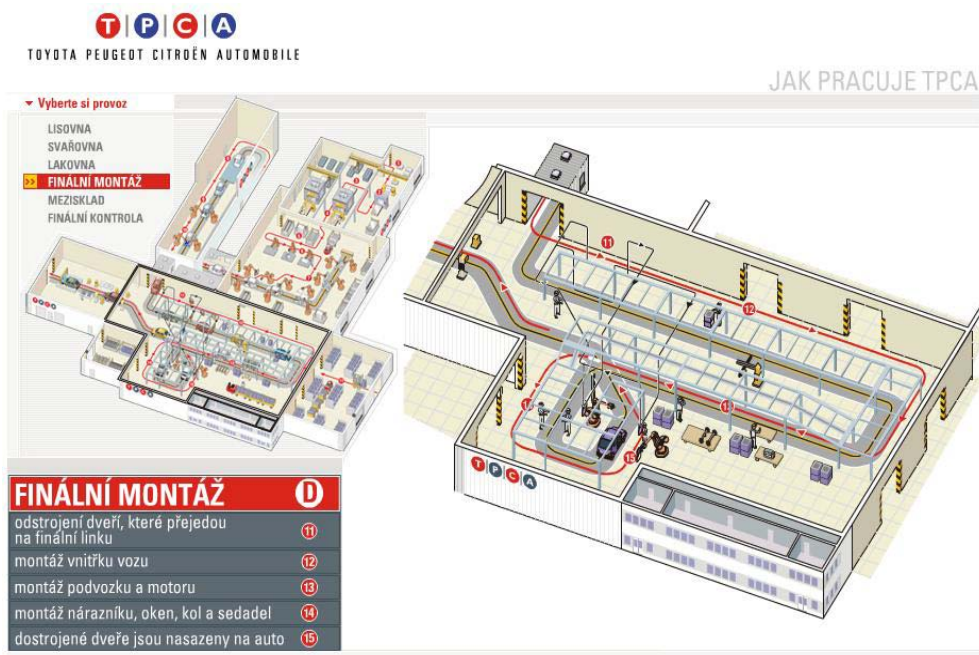


Obr. 95 Obrazovka s videom výroby Peugeotu 207 [41]

### *Informačný materiál firmy TPCA Toyota Peugeot Citroën Automobile*

Firma TPCA ponúka nahliadnutie do výroby pomocou virtuálnej prehliadky. Pri virtuálnom zobrazení kompletného výrobného závodu je možné pomocou myši odkliknúť na niektorú z častí výroby, ktorá sa následne zobrazí v podrobnejšej animácii doplnenej popisom niektorých vykonávaných operácií.

Firma ponúka na internetovej stránke aj možnosť registrácie k absolvovaniu prehliadky v továrni pre verejnosť.



Obr. 96 Vzhľad informačného materiálu firmy TPCA [41]



Vytypované príklady informačných materiálov na spomínaných internetových stránkach majú verejnosti za pomoci zjednodušených animácií, videí, fotografií a popisov priblížiť finálny proces montáže automobilov. Materiály sú veľmi dobre spracované a zaujmú a oboznámia s montážou automobilov aj ľudí, ktorí sa s touto problematikou zatiaľ nestretli.

Pri využití týchto stránok ako zdroja informácií z automobilovej výroby je nutné ovládať anglický alebo nemecký jazyk. Pre českú a slovenskú verejnosť je k dispozícii www stránka spoločnosti TPCA Toyota Peugeot Citroën Automobile, ktorej obsah je v českom jazyku. Týmto odpadá nutnosť znalosti cudzieho jazyka, ak za takýto nepovažujeme už aj jazyk český.

Výukový modul s témou finálnej montáže automobilov je potrebné spracovať pri dodržaní nasledujúcich požiadaviek:

- z hľadiska obsahu by tento výukový modul mal obsiahnuť všetky etapy a fázy výroby, ktoré sa realizujú pri finálnej výrobe a montáži automobilov.

- musí byť spracovaný na základe súčasného stavu poznania v tejto technickej oblasti

- mal by relatívne zrozumiteľným spôsobom zovšeobecniť skúsenosti a poznatky z finálnej montáže automobilov viacerých výrobcov a vytvoriť model montážneho závodu so súčasným poukázaním na možné odlišnosti v detailných riešeniach

Vzhľadom na to že táto problematika je pomerne zložitá bolo nutné rozčleniť tému na viaceré časti a vytvoriť štruktúru výukového modulu takto:

- aby bolo možné modul rozdeliť na ucelené časti
- aby bolo možné modul prezentovať v skrátenej forme
- aby modul bolo možné doplniť a modifikovať

Vzhľadom na to, že finálna montáž automobilov je oblasť v ktorej sa výrazne prejavuje inovácia tak produktu ako aj samotného výrobného a montážneho procesu, výukový modul by mal byť vytvorený tak, aby sa dal jednoducho aktualizovať.

### 3 Montáž sériovo vyrábaného automobilu

Žiadna iná oblasť automobilovej výroby nepredstavuje taký široký rozsah technologických požiadaviek ako konečná montáž: od presného naplánovania a usporiadania materiálového toku, automatickú manipuláciu a umiestňovanie cez vlastnú montáž, testovanie vlastností a funkcií až po distribúciu výrobku k zákazníkovi. Moderný automobil je zložený asi z 9000 rôznych častí vyrábaných v krajinách celého sveta. V priebehu dňa prichádza rádo vo niekoľko stoviek kamiónoch a vlakov s komponentmi a materiálom do montážneho závodu.

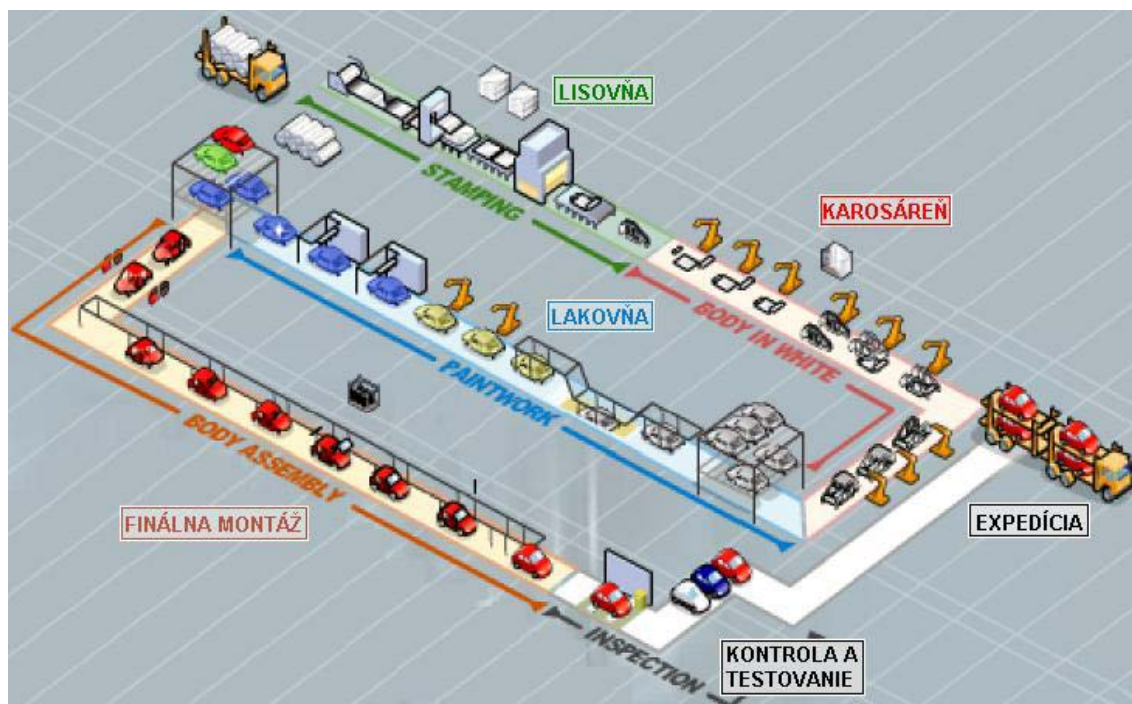


Obr. 97 Časti automobilu

#### 3.1 Procesy montážneho závodu

Procesy pri stavbe automobilu v montážnom závode, schematicky zobrazenom na obr.7, prebiehajú na linkách, ktorých celková dĺžka je niekoľko kilometrov. Pred finálnou montážou prebiehajú výrobné procesy ako na pôde vlastného závodu (závod kde prebieha aj hlavná montáž), tak aj u externých subdodávateľov jednotlivých montážnych skupín či celkov. Výrobné procesy materského závodu v sebe zahŕňajú hlavne výrobu karosérie nakoľko tento komponent nie je vhodné riešiť formou subdodávateľa. Externí subdodávateľia vyrábajú komponenty resp. celky vstupujúce priamo do hlavnej montáže – sklá, sedadlá, prístrojové dosky, riadiacu elektroniku, prístroje a prístrojovú elektroniku a pod. Jednou zo skupín dodávateľov je materská spoločnosť avšak ako externý dodávateľ (väčšinou je situovaný mimo, ale v blízkosti

hlavného závodu) a sústredí sa na výrobu dôležitých montážnych celkov ako motor, prevodovka a nápravy.



Obr. 98 Schéma montážneho závodu

Nasleduje samotná výroba automobilu, ktorá pozostáva z jednotlivých procesov, znázornených na obr.8. Tieto procesy prebiehajú v niekoľkých výrobných halách, ktoré sú zoradené v slede montážnych a výrobných operácií stavby automobilu.

Základné rozdelenie výrobných hál a procesy ktoré v nich prebiehajú:

### Lisovňa

Prenos zvitku, odvíjanie zvitku, čistenie plechu, vyrovnávanie plechu, strihanie plechu, lisovanie plechu.

### Karosáreň

Predmontáž podlahy, predmontáž predného rámu, predmontáž bočného rámu, predmontáž strechy, predmontáž dverí, spojenie podlahy a predného rámu, pripevnenie bočného rámu, pripevnenie strechy, pripevnenie dverí, kapoty, blatníkov, zadných dverí.

### Lakovňa

Antikorózna ochrana, tesnenie, tmelenie, lakovanie, voskovanie.

### Finálna montáž

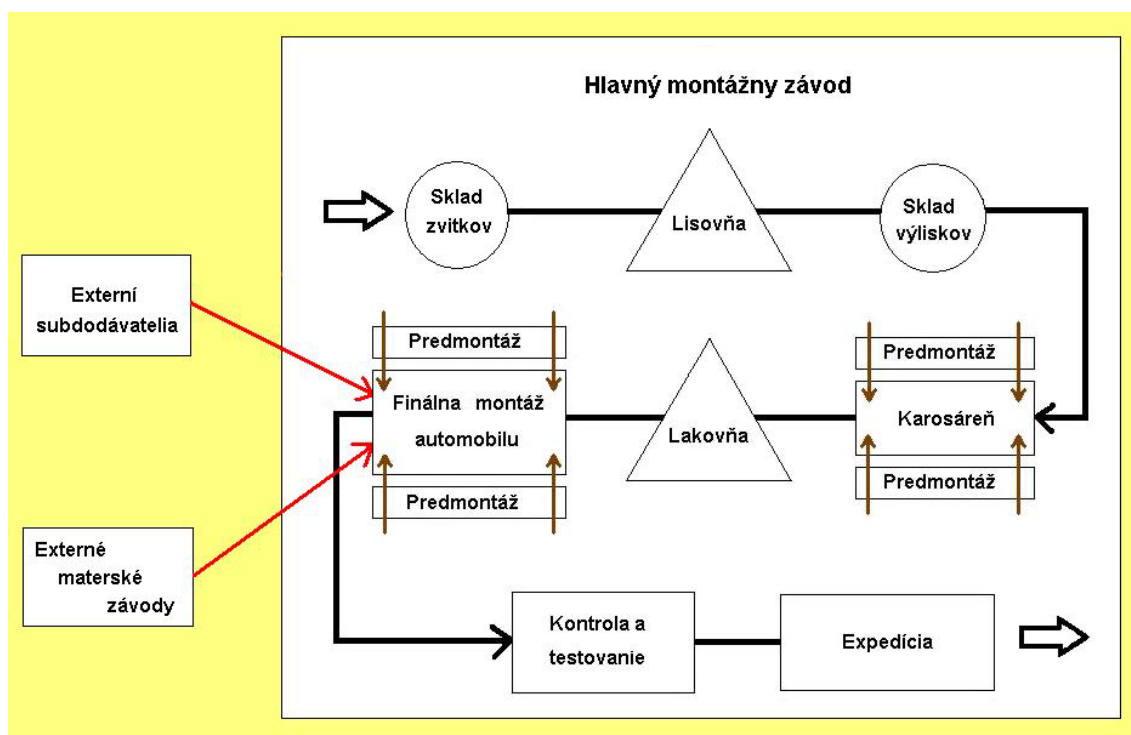
Odobratie dverí, predmontáž prístrojovej dosky, osadzovanie komponentov do dverí, osadenie a inštalácia prístrojovej dosky, čalúnenia a ostatných doplnkov, upnutie sedadiel, pripevnenie náprav, pohonnej jednotky, palivovej nádrže, výfuku, pripevnenie kolies, pripevnenie dverí, tankovanie.

### Kontrola a testovanie

Kontrola, testovanie, odstránenie nedostatkov, nastavenie parametrov, voskovanie.

### Expedícia

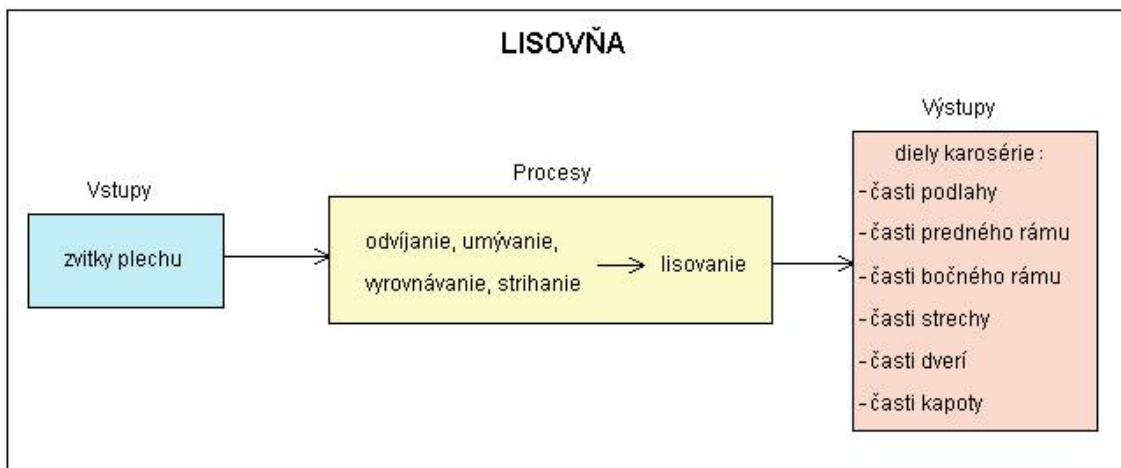
Odparkovanie, balenie, nakladanie.



Obr. 99 Procesy montážneho závodu

## 3.2 Lisovňa

Proces výroby automobilu sa začína v lisovni. Vyrábajú sa v nej vonkajšie a niektoré vnútorné diely karosérie automobilov. Na výrobu týchto dielov, nazývaných panely, sa používajú automatické lisovacie linky dosahujúce vysokú efektívnosť a kvalitu produkcie.



Obr. 100 Procesy prebiehajúce v lisovni

### Odvíjanie a strihanie plechu

Ako prvá linka v lisovni a v závode zároveň je linka strihacia, ktorá sa používa na strihanie surového materiálu, ktorý je dodávaný vo forme zvitkov galvanizovanej ocele. Každý zvitok má špecifické rozmery (šírku, hrúbku) a vlastnosti, a slúži len na výrobu vopred určeného typu panelu karosérie automobilu. Strihaná dĺžka jednotlivých výstrižkov je taktiež závislá od typu vyrábaného panelu. K najdôležitejším častiam strihacej linky patrí odvíjacie zariadenie, umývacie zariadenie, vyrovnávacie zariadenie, slučkový žľab, strihací nástroj a ukladacie zariadenia.

Princíp práce na strihacej linke :

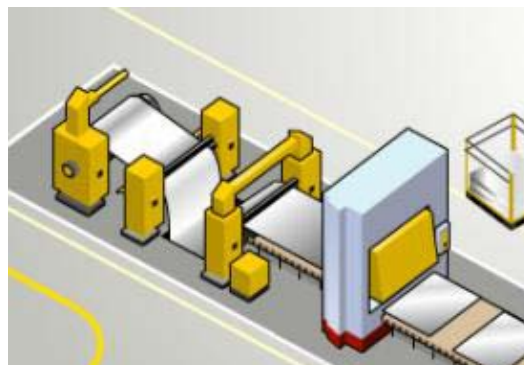
Mostový žeriav pomocou špeciálnych klieští uloží zvitok plechu na vozík. Ten ho privezie ku odvíjaciemu zariadeniu, ktoré je prvým zariadením strihacej linky. Tam sa zvitok odbalí a pomocou podávacích valcov sa podáva do umývacieho zariadenia, kde sa očistí umývacím olejom. Čistenie sa robí za účelom odstránenia nečistôt z povrchu materiálu, čím sa predíde neskorším problémom s kvalitou výstrižkov. Takto umytý plech sa vo vyrovnávacom zariadení, ktoré tvorí viacero prítlačných valcov, vyrovnáva. Súčasne dochádza k obnove mechanických vlastností materiálu. Slučkový žľab sa využíva na vyrovnávanie rozdielov rýchlosti toku materiálu na začiatku a na konci výrobnéj linky. Po tomto kroku nasleduje samotné strihanie zvitku. Pri tejto operácii sa využívajú špeciálne strihacie nástroje. V poslednej operácii linky sa výstrižky ukladajú v stohovacom zariadení, odkiaľ sú pomocou vysokozdvížneho vozíka vyberané a ukladané do regálov. Každý typ výstrižku má vopred určené miesto v regáli. Výstrižky sa následne presúvajú na lisovaciu linku.

Produkty strihacej linky:

Plechové tabule požadovaných rozmerov. Väčšinou ide o skupinu výstrižkov pre podlahu, predný rám, bočný rám, strechu, dvere a kapotu, určené na lisovanie.



Obr. 101 Preprava zvitku žeriavom



Obr. 102 Strihacia linka

### Lisovanie plechu

Časť závodu, kde sa prevádzajú všetky lisovacie operácie zaberá u niektorých fabriek plochu až 28000m<sup>2</sup>. Táto plocha zodpovedá približne trom futbalovým ihriskám a zahŕňa sklad ocele na ploche 3700m<sup>2</sup>. Vyrábajú sa tu vonkajšie a aj niektoré vnútorné diely karosérie automobilov. Na výrobu týchto vysoko kvalitných výliskov, nazývaných panely, sa používajú automatické lisovacie linky, každá o veľkosti rodinného domu, dosahujúce vysokú efektívnosť a kvalitu produkcie. Požadovaná kvalita vylisovaných panelov sa kontroluje prostredníctvom unikátneho optického 3D systému, ktorý dokáže na povrchu rozpoznať aj tie najmenšie nezrovnalosti.

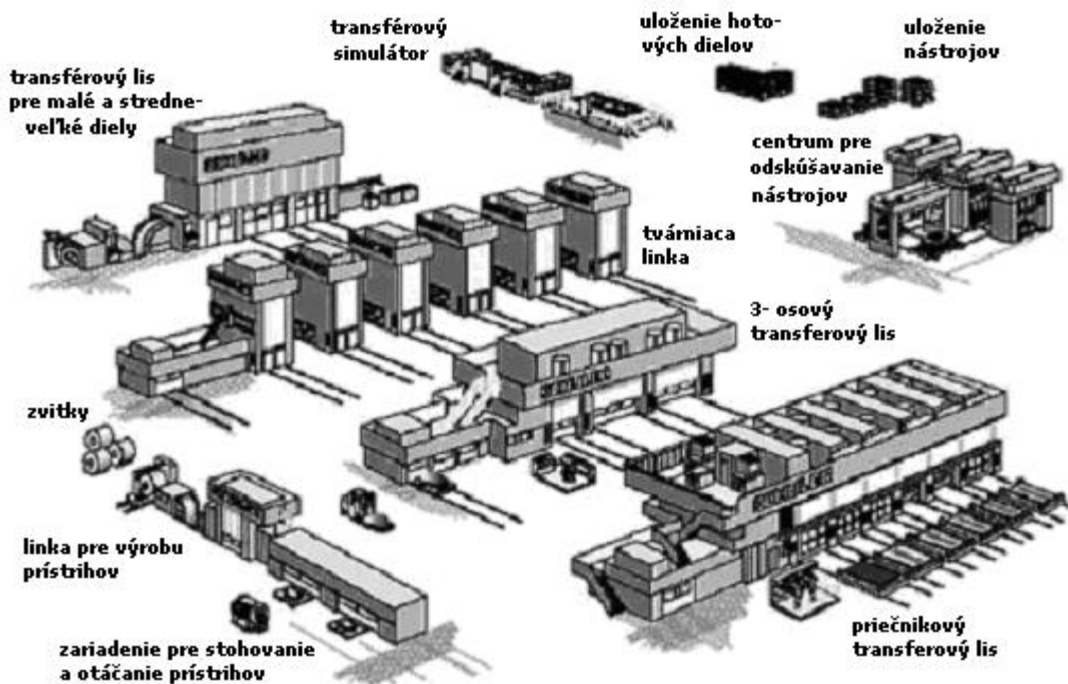


Obr. 103 Lisovacia linka v závode Kia Motors Slovakia s.r.o [27]

Prístrihy zo strihacej linky na výrobu stredných a veľkorozmerných súčiastok, ako dvere alebo strechy automobilov, bočné diely karosérie, blatníky, sa zakladajú do lisu podávačom prístrihov a individuálne alebo automaticky podávajú do lisu, kde sa tvárnia. Linky na výrobu prístrihov sú schopné obsluhovať niekoľko tvárniacich liniek alebo transferových lisov pre ich vysokú výkonnosť. Pri výrobe malých súčiastok z plechu, ako sú rôzne výstuhy, unášače diskov pre automatické prevodovky, závesy, stĺpiky, môže byť zásoba prístrihov nahradená podávaním plechu do lisu priamo odvíjaním zvitku. Podľa polohy strižnej časti na výrobu prístrihov možno voliť medzi priečnym alebo pozdĺžnym podávaním materiálu do lisu. Priečne odvíjanie zvitku zabezpečuje, že odpad zo strihania prístrihu môže byť opäť zvinutý do zvitku. Proces tvárnenia plechov sa uskutočňuje v kompaktných zariadeniach, zvyčajne na vysokorýchlostných, univerzálnych alebo transferových lisoch. Hotové súčiastky sa paletizujú ručne alebo použitím stohovacieho zariadenia a sú pripravené na nasledujúce operácie výrobného procesu, ako je zváranie, lakovanie, lemovanie. Súčasne treba zohľadniť aj odstraňovanie odpadu z lisovania.

Pri zavádzaní nových nástrojov pre veľkorozmerné súčiastky a transferové lisy sa používajú skúšobné lisy (so špeciálnou konštrukciou) a simulátory. Tie používa nástrojareň na prípravu, doladenie a zapracovanie tvárniaceho nástroja, ako aj odskúšanie nástroja pred konečným odskúšaním na určenom výrobnom lise. To podstatne skracuje čas odskúšania nástroja na získanie dobrého výsledku na určenom výrobnom lise. V dôsledku toho sa skracuje čas potrebný na výrobu prvej dobrej súčiastky a zvyšuje využitie výrobného lisu.

Všetok odpad, ktorý vzniká pri lisovaní, sa vracia do oceliarne kde sa recykluje. Na optimalizáciu spotreby materiálu a pevnosti komponentov sa vo výrobe karosérií čoraz viac používa prispôbený polotovár, tzv. prístrih. Táto technológia vyžaduje vysokú úroveň ovládania formovacích procesov. Priame aj oblúkové lemové zvary sú skúšané. Simulované výsledky sa priebežne zrovnávajú s praktickými skúsenosťami. Po dôkladnej inšpekcii zručných pracovníkov pri špeciálnom osvetlení, novo vyformované oceľové panely odchádzajú na ďalšie pracovisko.



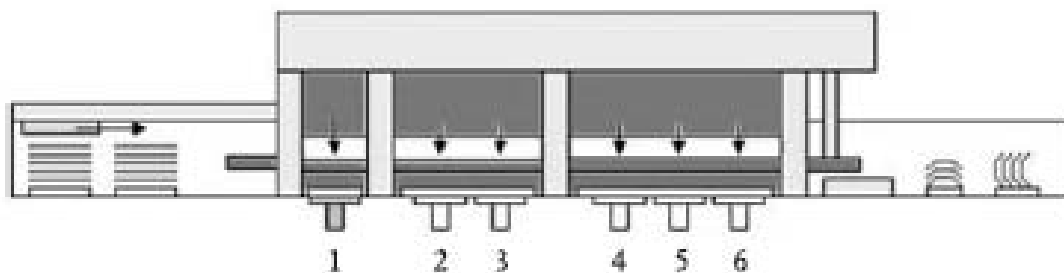
Obr. 104 Príklad usporiadania lisovne na výrobu výliskov z plechu

## Transferové lisy

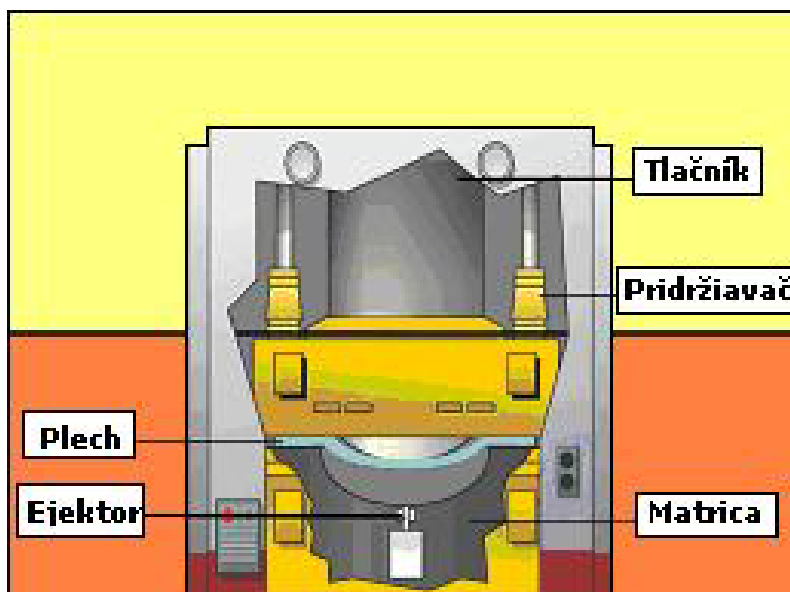
Mechanické a hydraulické transferové lisy používajú pre výrobu dielov karosérií v automobilovom priemysle, pre výrobcov elektrických a úžitkových spotrebičov a v ďalších odvetviach priemyslu. Tieto lisy zabezpečujú vysoké objemy výroby, pretože tvárniace operácie potrebné na výrobu dielu, resp. súčiastky sú zahrnuté v jednej výrobnjej linke. Okrem toho sa všetky tieto operácie vykonávajú takmer súčasne. Súčiastka je vyrobená pri každom zdvihu lisu bez ohľadu na počet operácií technologického postupu tvárnenia súčiastky. Vo všeobecnosti sú požiadavky na priestor pri transferových lisoch podstatne menšie ako pri linkách lisov, čo sa prejaví aj v znížení vedľajších nákladov. Tiež celková menovitá sila a energetická spotreba transferových lisov sú nižšie ako v prípade individuálnych, navzájom spojených lisov. Operačné náklady a náklady na údržbu sú redukované na jednu pracovnú jednotku a sú tiež vytvorené priaznivé podmienky na znižovanie výrobných nákladov, čo je spôsobené elimináciou dopravných vzdialeností a medzioperačných miest. V prípade mechanických transferových lisov sú súčiastky medzi jednotlivými operáciami, resp. pracovnými miestami lisu dopravované prostredníctvom transferu s unášačmi, ktorého dvoj- alebo trojrozmerný pohyb je mechanicky spriahnutý s pohybom šmykadla lisu. Pri dvojrozmerných transferoch unášače transferu vykonávajú otvorenie a zatvorenie, ako aj pohyb vpred (posuv) a vzad (spätný pohyb). Trojrozmerné transfery sa používajú v



prípade, kde súčiastka požaduje zdvihový pohyb vo väčšine operácií. Celý transferový systém je potom vybavený zdvíhacím zariadením. Tento princíp trojosových transferových lisov sa používa pri výrobe veľkých dielov karosérií. V prípade hydraulických transferových lisov na dopravu súčiastky medzi pracovnými miestami sa používa elektricky poháňaný transfer, ktorý dopravuje spracúvané diely od zakladača prístrihov až po stohovač hotových dielov za lisom.



Obr. 105 Schéma 4-stojanového transferového lisu pre veľkorozmerné súčiastky (1 až 6 – operácie technologického postupu lisovania dielu karosérie)



Obr. 106 Princíp lisu

### Hydroforming

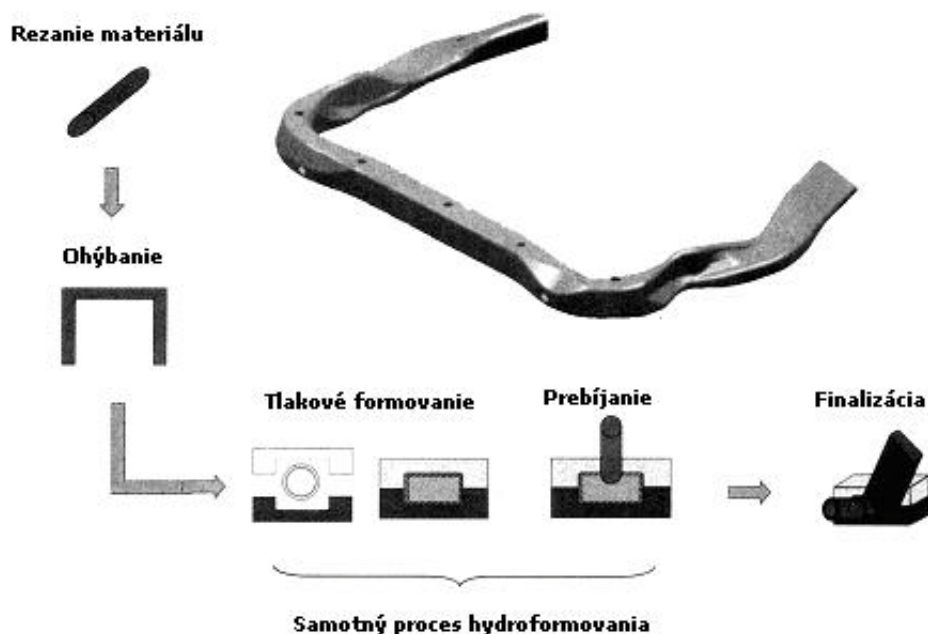
V dnešnej dobe sa do popredia dostáva inováčná technológia tvárnenia - hydroforming. Ide o tvárnenie ocelí pomocou hydraulického tlaku. Po prvýkrát ju na stavbu automobilu (sériovú výrobu) použili nemeckí konštruktéri. Výhodou hydroformovania je vysoká presnosť a pevnosť súčiastky, nízka hmotnosť a nižšie

výrobné náklady. V dnešnej podobe sa v nemeckej odbornej terminológii označuje ako Innen Hochdruck-Umformen (IHU), ktorý by sa dal voľne preložiť ako formovanie za pomoci vysokého hydraulického tlaku vo vnútri tvarovaného dielca.

### Proces hydroformovania

Dutý polotovár, rezaný na mieru sa uloží do formy, ktorá má požadovaný tvar. Forma sa uzavrie a polotovár sa naplní kvapalinou. Tlak kvapaliny sa zvýši na hodnotu, ktorá presiahne medzu ťažnosti materiálu daného polotovaru. Zvnútra na polotovár pôsobí vysoký tlak kvapaliny v dôsledku ktorého sa začne polotovár deformovať a vyplní tak celý priestor formy nástroja. Výsledkom je hotová súčiastka s veľmi vysokou presnosťou. Pri tvarovaní je možné využívať aj plechy rôznej hrúbky, rôznej kvality a rôznych tvarov. Touto technológiou sa dajú vytvárať aj súčiastky zo sendvičových polotovarov, napríklad oceľový plech - hliníkový plech či oceľový plech - plast. Pri návrhu formy sa však musí pamätať na určitú pružnosť materiálu, ktorý sa po uvoľnení zmrští. Ďalšou výhodou je, že ide o tzv. tvárnenie za studena, takže nie je potrebný ohrev.

Táto technológia je vhodná na výrobu komponentov pre výfukový systém a podvozok alebo časti karosérie.



Obr. 107 Proces hydroformovania

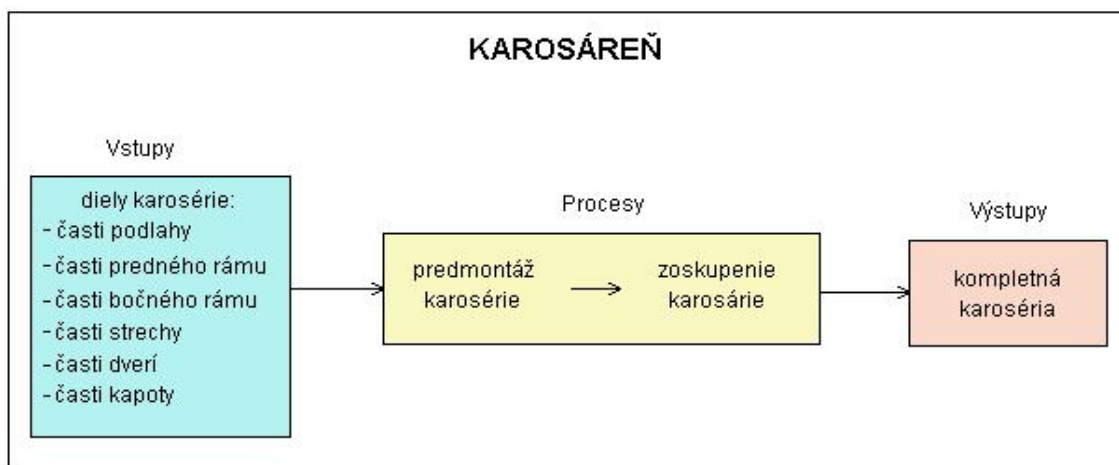
Produkty lisovne:

Skupiny vytvarovaných časti, ktorých spojením vzniknú hotové dielce karosérie -

Skupina podlahy, skupina predného rámu, skupina bočného rámu, skupina strechy, skupina dverí, skupina kapoty

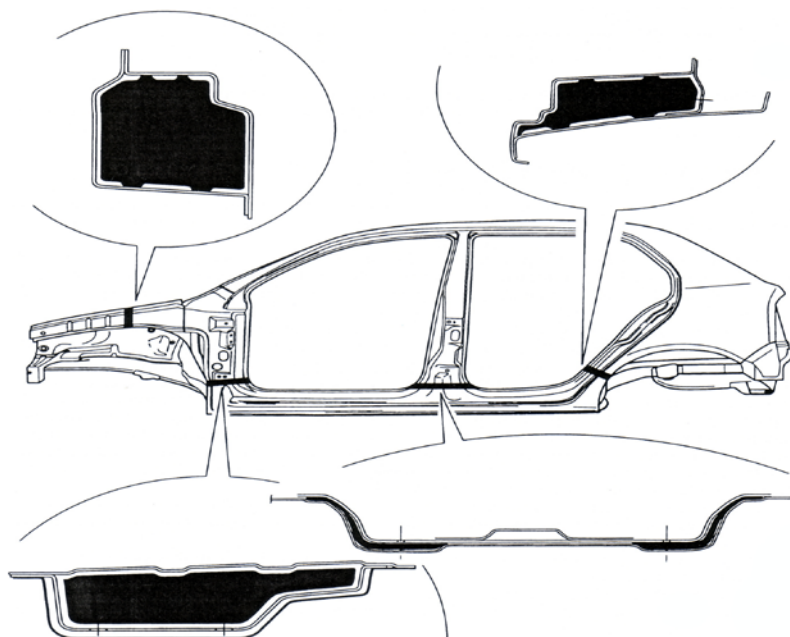
### 3.3 Karosáreň

Proces výroby automobilu pokračuje v karosárni. Vyrábajú sa v nej rozmerovo a tvarovo presné a bezpečné karosérie, a to zložením a zváraním jej jednotlivých podzostáv. Na výrobe karosérií sa môže podieľať až okolo 300 robotov, ktoré okrem zvárania realizujú aj na nakladanie a prenos dielov.



Obr. 108 Procesy v karosárni

Karoséria je prakticky základným a nosným prvkom celého automobilu. Nosná časť karosérie sa nazýva skelet. Do skeletu sú montované nielen ďalšie súčasti karosérie, ale aj hnací agregát, nápravy a ostatné podvozkové montážne celky. Profilované výlisky, ktoré tvoria nosnú časť karosérie, sú zvárané, v niektorých častiach aj zlepené špeciálnym tmelom. Časť dutín uzavretých nosných profilov je naplnená vypenenou hmotou, ktorá jednak profil vystužuje, jednak zabraňuje jeho korózií zvnútra a súčasne má aj protihlukové vlastnosti.



Obr. 109 Nosné profily skeletu

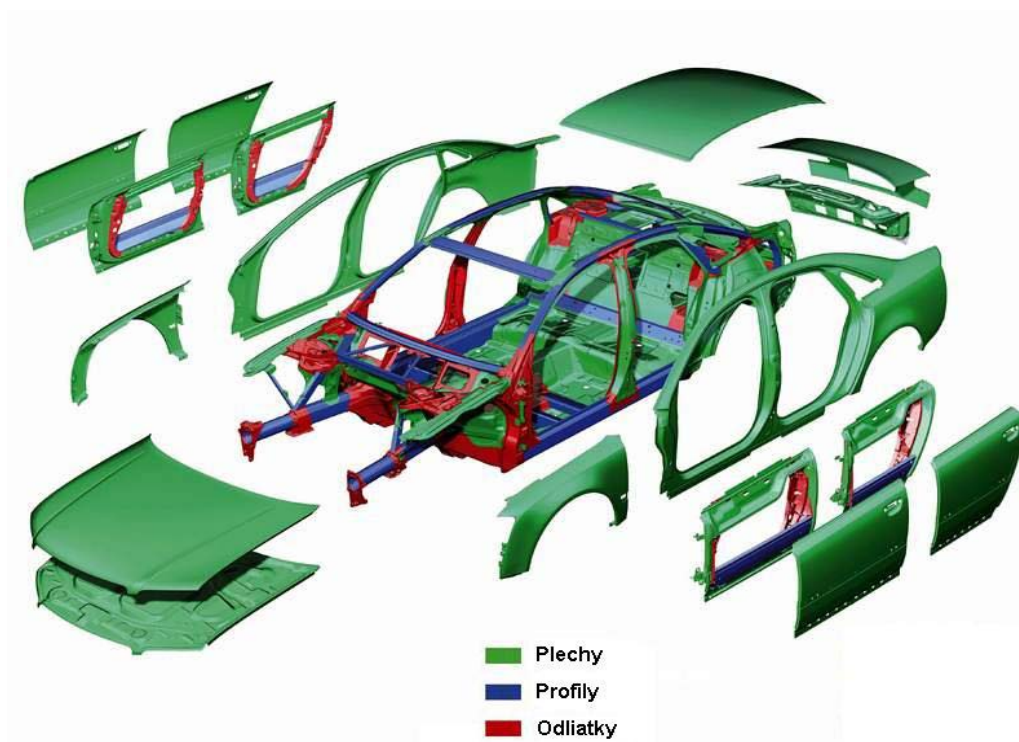
Skelet je v princípe riešený ako veľmi tuhá kostra priestoru kabíny pre posádku. Tvoria ju súčiastky programovateľne deformovateľné v zóne prednej a zadnej, ktoré zaisťujú čo najväčšiu absorpciu energie nárazu a ďalšie doplňujúce výlisky karosérie. Tuhá klieť chrániaca posádku vozidla je zo zvarovaných tuhých profilov, ktoré sú v pevnostne zaťažovaných oblastiach zdvojené. Deformovateľné súčasti skeletu sú vrúbkované, aby sa v prípade nárazu bortili postupne a postupne predávali kinetickú energiu nárazu tuhému prvku skeletu. Tieto profily sú umiestnené v prednej časti vozidla pozdĺžne nad prednými kolesami a ďalej ako priečka nesúca konzolu volantu pod čelným sklom vo vnútri prístrojovej dosky. Vo všetkých bočných dverách sú zdvojené výstuhy, ktoré chránia v prípade bočného nárazu, hlavne panvovú oblasť človeka sediaceho na sedadle. Konštrukčné riešenie býva skúšané počítačovou simuláciou ako aj praktickými nárazovými skúškami.

Bodovo zvarované spoje, ktoré majú vplyv na tesnosť karosérie, sú utesňované špeciálnym tmelom na báze PVC (plastisol).

V zadnej pravej alebo ľavej postrannici je otvor pre veko zakrývajúce hrdlo palivovej nádrže. Väčšinou v zadnej časti batožinového priestoru je v podlahe dutina na uloženie rezervného kolesa.

V spoji výlisku strechy bočnice karosérie a vnútorného rámu skeletu je žliabok, v ktorom sú bodové spoje zvarov spomínaných dielov. Žliabok je zakrytý ozdobnou lištou, ktorá súčasne zakrýva montážne prvky pre strešný nosič batožiny.

Zostavenie karosérie prebieha na niekoľkých miestach. Spoje realizujú zväčša roboty. Ich zväčšiaci postup je presne naprogramovaný a 100%-ne automatizovaný. Každý robot má vlastný monitorovací systém na kontrolu zväčšiackej pozície a kvality. Manuálna práca je limitovaná na aplikácie a nakladanie v oblasti vnútorných častí. Rozmery každej karosérie sú kontrolované pomocou automatického kontrolného systému A.C.S., ktorý využíva roboty s laserovými snímačmi. Výnimočnosťou niektorých karosárni je možnosť vyrábať súčasne karosérie až 8 rozličných modelov automobilov na jednej výrobní linke.



Obr. 110 Časti karosérie automobilu

### Predmontáž karosérie

Spojením predného rámu a podlahy sa vytvorí montážny celok spodnej časti. Proces ich spojenia prebieha na súprave dvoch multi-zväčšiacích strojoch. Ďalej sú spojené s rámom, do ktorého sa bude pripevňovať motor a prevodovka. Vytvorí sa tak platforma vozidla, ktorá sa umiestni na dopravníkové sane prenášajúce vozidlo cez jednotlivé montážne a výrobné procesy. Toto elektronické zariadenie je prepojené s produkčným kontrolným systémom identifikujúcim konkrétne komponenty podľa požiadaviek zákazníka. Vozidlo sprevádza spis, takže fyzická kontrola môže byť vykonaná kedykoľvek počas výrobného procesu.

Platforma pokračuje na ďalšie pracovisko, kde roboty priložia bočné panely na bočné línie platformy a spoja ich. Na nasledujúcom pracovisku sa privarí strecha. Platforma pokračuje na kompletizačnú linku.

Medzi tým sa na linke pohyblivých častí vyrábajú pohyblivé časti karosérie, ktoré sa neskôr pripájajú pántmi k základnej štruktúre karosérie. Linka pohyblivých častí sa skladá zo 7 podliniek: predné dvere (ľavá strana, pravá strana), kapota, zadné dvere (ľavá strana, pravá strana), piate zadné dvere a blatník.

Predmontáž dverí: Každé dvere sa skladajú z výlisku vonkajšieho, vnútorného a rôznych výstuh. Vonkajší a vnútorný plech sa spája obvodovým zalemovaním s použitím lepiaceho tmelu. Ostatné diely dverí sú privarené alebo spojené kombináciou zvarovania a lepenia. Montážny panel vnútorných dverí prechádza cez plne automatizované štvorstupňové zvarovanie, pokiaľ vnútorný panel je prichytený v multi-zváracom upínacom prípravku.

Podobným spôsobom sa z dvoch častí (vnútorná a vonkajšia) spája aj kapota. V poslednej dobe sa do tohto pracoviska zavádza laserové zvarovanie. Jeho hlavnou výhodou je vysoká presnosť a vysoká produktivita. Táto technológia je natoľko presná, že tepelne neovplyvní vonkajší povrch kapoty, ktorý by sa zdeformoval a farebne zmenil.

Automatizácia zvarovania na linke pohyblivých častí je 100 %-ná a väčšinu dielov na linke prenášajú roboty. Preto sa vždy musí dbať na bezpečnosť, ktorú podporuje niekoľko zariadení ako napr. bezpečnostný plot, dvere, zámka a senzory. Každá linka obsahuje otočný stôl so špeciálnym upínacím prípravkom, "jigom", pre nakladanie dielov viacerých druhov modelov automobilov. Operátor nakladá vnútorný panel a niekoľko malých častí na jig. Po ukončení tejto operácie sa stôl otáča, pričom roboty si preberú tieto časti na ďalšie spracovanie a operátor opäť nakladá nové diely. Malé diely a vnútorný panel sú zvarované bodovacím robotom. Tzv. handling robot slúži na prenášanie dielov z jednej výrobnéj stanice na druhú.

Okrem robotov, ktoré zvarujú a prenášajú jednotlivé diely, sa počas výrobného procesu využívajú aj tmeliace roboty. Tie nanášajú na panely až päť druhov tmelu. Tmel je dodávaný čerpadlami z jednotlivých tmelových miestností, kde je uskladnený v sudoch. Hlavným účelom tmelenia je zabrániť presakovaniu vody a zabezpečiť odolnosť karosérie voči korózii. Okrem toho má tmel taktiež protihlukové a protivibračné vlastnosti.

Po tomto procese nasleduje lemovanie, ktoré spája vonkajší a vnútorný panel zahnutím okrajov a následným zalisovaním.

Poslednou fázou je kontrola kvality, ktorá zahŕňa kontrolu povrchu panela, kontrolu tmelu a stavu lemovania. Po výrobe pohyblivých častí nasleduje ich preprava v paletách na kompletizačnú linku karosérie. Na prepravu dielov sa využíva elektrický prepravníkový systém EMS.



Obr. 111 Zváranie predných dverí

Produkty: hotové dielce tvoriace karosériu -

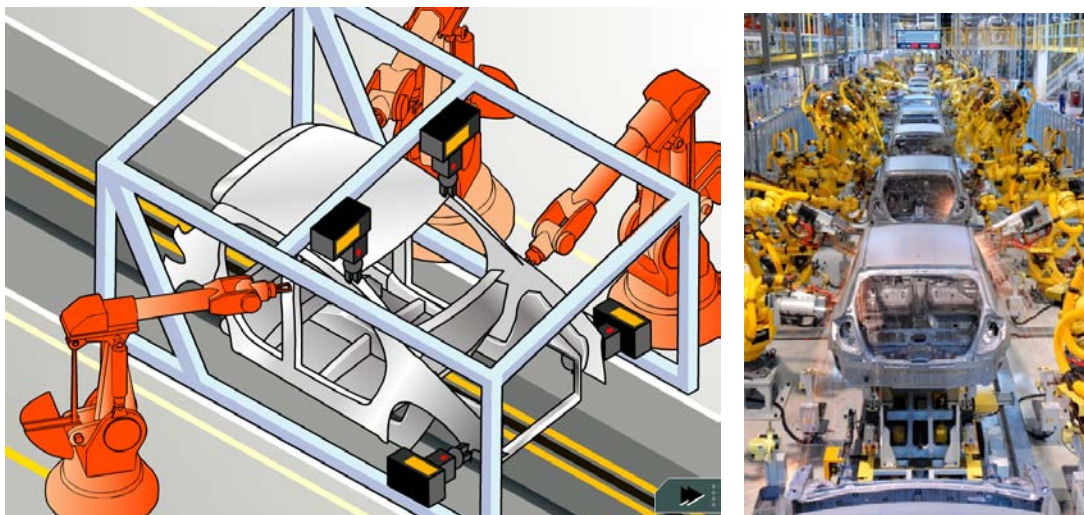
Podlaha, predný rám, bočný rám, strecha, dvere, kapota

### Kompletizácia karosérie

Na kompletizačnej linke sa zoskupí kompletná karoséria. K platforme zloženej zatiaľ z predného rámu, podlahy, rámu na pripevnenie motora a prevodovky, bočných rámov a strechy sa pripevnia pohyblivé časti karosérie, predné dvere (ľavá strana, pravá strana), kapota, zadné dvere (ľavá strana, pravá strana), piate zadné dvere a blatník, skompletizované na linke pohyblivých častí.

Karoséria je kompletná a po posledných úpravách pripravená k presunu do lakovne.

Produkt: skompletizovaná karoséria



Obr. 112 Kompletizácia karosérie

### 3.4 Lakovňa

Lakovňa je ďalšou zastávkou v rámci výrobného procesu, v ktorej karoséria vozidla prejde rôznymi povrchovými úpravami a získa finálny farebný odtieň. Do lakovne vstupuje kompletná karoséria s namontovanými dverami, blatníkmi, kapotou, ktorej výlisky sú výhradne zhotovené z pozinkovaných plechov. Tie dodávajú karosérii ešte výraznejšiu odolnosť voči korózií.



Obr. 113 Procesy v lakovni

Na karosériu automobilu sa následne aplikuje päťvrstvový náterový systém antikorozynej ochrany (obr.23). Systém používa prevažne materiály riediteľné vodou, ktoré sú zároveň šetrnejšie k životnému prostrediu. Pracovné prostredie lakovne vyžaduje



špeciálne podmienky, ako napr. bezprašnosť, stabilnú vlhkosť vzduchu a teplotu, ktoré sú zabezpečované prostredníctvom špičkovej vzduchotechniky.



- 1. pozinkovaný plech**
- 2. kataforéza**
- 3. základná farba**
- 4. prvá vrstva laku**
- 5. druhá vrstva laku**
- 6. konečná vrstva**

Obr. 114 Systém náterových antikoročných vrstiev

### Proces predúprav - antikoročná ochrana

Podľa [13] je proces predúprav karosérie základom celého systému lakovania. Bez dobre zvládnutých procesov predúprav, nie je možné dosiahnuť prvotriedny systém lakovania. Proces predúprav je rozdelený do troch fáz: odmasťovanie, oplach a fosfátovanie. Odmasťovanie a aktivácia povrchu je činnosť, ktorá primárne odstraňuje olej, železný prach a ostatné nečistoty z karosérie. V rámci odmasťovania sa olej viaže s hydroxidom, čo vedie ku vzniku mydla. Toto mydlo je možné následne zmyť počas krokov oplachu. Oplach je fáza, ktorá nasleduje na rôznych miestach v procese predúprav. Jej účelom je odstrániť tie zvyšky častíc, ktoré by mohli v ďalších krokoch procesu spôsobiť nedokonalosti povrchu karosérie. Úprava kovového povrchu je nepostrádateľná pre vytvorenie kvalitného fosfátového povlaku.

Úlohou fosfátovania je ochrániť kovový povrch proti pôsobeniu vody a vytvoriť podmienky pre aplikáciu ďalších vrstiev. Vytvára sa film jemne kryštalického trikátionového fosfátu (zinok, mangán, nikel), ktorý je zložený z nerozpustných kryštálov. Ich základom je zinočnatá zlúčenina ako výsledok chemických reakcií so železným povrchom karosérie, ktorý je ponorený do fosfátovacej vane plnej kvapaliny s presne stanoveným zložením. Spomenutým nánosom je zaistená fosfátová vrstva aj vo všetkých dutinách a na spodku karosérie. Potom nasleduje bezchrómová pasivácia a oplach v kúpeli demineralizovanej vody.

### Nanášanie základného laku – Kataforéza

Po procese predúprav, keď je kovový povrch karosérie fosfátovaný, vytvára lepšie predpoklady k aplikácii organického povlaku, ktorý je elektrochemickým pochodom, tzv. kataforézou, vylúčený na fosfátovom substráte. Hlavným účelom organického povlaku je ďalšia antikorózna ochrana, vytvorenie rovnomernej hrúbky substrátu, na povrchu karosérie 17 – 25 mikrometrov a v dutinách minimálne 12 mikrometrov, pre aplikáciu základného laku a tiež zlepšenie adhézie (prilnavosti) základnej farby.

Kataforéza je nanášanie farby elektroforéznym spôsobom, kedy farbený predmet, čiže karoséria, je katódou v jednosmernom poli anolytu (vodný roztok farby) a priťahuje kationy farby. V elektrolytickej vani sú použité pevné anódy, vytvorené z inoxidu, ktoré sú oddelené od organického povlaku selektívnou membránou.

Jedná sa o jednu z najprogressívnejších výrobných technológií nanášania základných farieb s vysokým stupňom antikoróznej ochrany kovov. Metóda kataforézneho lakovania patrí medzi najmodernejšie technológie povrchovej úpravy kovových výrobkov. V súčasnej dobe nemá v rade výrobných oblastí zrovnateľnú konkurenciu.

Vylúčený film na karosérii je ďalej vytvrdzovaný po dobu 30 minút pri teplote objektu 180°C. Pritom prebehne zosieťovanie (polymerizácia) častíc obsiahnutých v náterovej hmote. Kataforický vylúčená základná farba je nositeľom antikoróznej ochrany a umožňuje, ako jeden z faktorov, garanciu 10 – 12 ročného neprehrdzavenia karosérie.

Prednosti kataforézy:

- Možnosť nanášať farbu na akýkoľvek elektricky vodivý predmet vrátane predmetov dutých a členitých
- Vhodná antikorózna základná povrchová úprava pre práškové nanášanie farieb.
- Vhodná antikorózna základná povrchová úprava pre lakovanie (akryláty, vodou riediteľné laky a pod.).
- Vhodná konečná antikorózna povrchová úprava.
- Možnosť lakovať žiarovo alebo galvanicky pozinkované materiály a hliník.



**Obr. 115 Ponáranie – nanášanie základného laku**

### Tesnenie, tmelenie

Karosérie, ktoré prichádzajú do lakovne, prechádzajú najprv linkou predúprav, kde získavajú prvé dve ochranné vrstvy – fosfát a elektrochemicky vylúčenú farbu. Tie dodajú karosérii s pozinkovanými plechmi zvýšenú odolnosť voči korózii. To však ešte nepostačuje k tomu, aby ochrana karosérie bola kompletná. Preto ďalšia linka, linka tmelenia, znásobuje aplikáciou tmelu nielen antikorozyne vlastnosti, ale aj odolnosť voči pôsobeniu vonkajších fyzikálnych vplyvov prostredia. Pred vstupom do linky sa najprv odstraňujú prípravky, ktoré sa použili na linke predúprav. Nasleduje vizuálna kontrola lemov v oblastiach kapoty a zadných dverí, kde sa opraví prípadné drobné defekty.

Karoséria potom vstupuje do samotnej linky tmelenia. Na tomto pracovisku pracuje robot a zároveň pracovník. Na karosériu sa aplikuje biely tmel, pričom sa používajú dva typy líšiace sa viskozitou. Tmel sa nanáša na určené miesta pomocou striekacej pištole, alebo sa rozotiera štetcom a plastovou stierkou. Aplikčné miesta sa nachádzajú v exteriéri a interiéri celej karosérie. V spojoch a škárach sú to pásové nánosy (húsenice), na spodku podláh a krytov kolies nástrek. Lemy dverí a kapoty sa dotesňujú plastisolom v ďalšej časti výrobnéj linky. Plastisol (bezrozpúšťadlová hmota na báze mäččeného PVC) má výbornú priľnavosť, vysokú odolnosť proti roztokom soli a proti mechanickému poškodeniu abráziou. Má aj veľmi dlhú životnosť. Karosérie sa

po nanosení plastisolu podrobia tzv. predželatizácii, čo je fyzikálno-chemický proces reštrukturalizácie náterovej hmoty. Prebieha pri teplote minimálne 100°C po dobu 4 minút. Proces želatizácie sa dokončuje súčasne s vysušením (vypaľovaním) plniča, ktorý sa nanáša v ďalšej fáze procesu. Pred jeho nanosením sa samozrejme ručne predbrúsia prípadné defekty na povrchových dieloch karosérie, ktoré môžu vzniknúť pri vylučovaní základnej farby katoforézou. Karoséria sa na linke nezastavuje, ale pohybuje sa v takte. Po kompletnej aplikácii tmelov sa karoséria dostáva na linku kobercov. Tie sa vkladajú a lepia v interiéri na podlahu a v miestach, kde je potrebné zlepšiť hlukovú izoláciu a eliminovať vibrácie oceľových materiálov, ktoré vznikajú pri samotnom pohybe auta.



**Obr. 116 Nanášanie tmelu na spodnú časť karosérie**

### Lakovanie

Základná farba (plnič) je ďalšou náterovou vrstvou a nanáša sa v troch fázach. Prvá je nástrek povrchu, ktorý sa aplikuje v striekacích kabínach vodou riediteľným plničom, automatickým zariadením s rotačnými zvonmi - zariadenie ESTA – elektrostatické nanášanie farieb. Rýchlosť otáčania zvonov je 20 000 – 40 000 otáčok za minútu. To zaisťuje rovnako hrubý nános farby a minimálny odpad, pretože v elektrostatickom poli sú nabité čiastočky farby priťahované ku karosérii, takže niesu rozptyľované do okolia. Účinnosť ESTA nanášania je 80-90%, čiže dochádza k minimálnemu prestreku a tým zníženiu emisií. Účinnosť manuálneho striekania je cca

40% a je závislá na zručnosti pracovníka. V druhej fáze sa ručne dostriekavajú plochy medzidverí a vnútro kabíny. Tretia fáza je dokončenie nástreku (opäť automaticky) procesom v elektrostatickom poli. Plnič sa používa v troch farebných odtieňoch, a to podľa farby, ktorá bude použitá ako vrchný lak. Po nastriekaní sa karosérie sušia pri teplotách 180°C a nasleduje chladenie v tuneli na teplotu 40°C. Ďalej sa vykonávajú operácie suchého a mokrého brúsenia (DEMI voda).

Po brúsení a očistení sa karoséria presúva do striekacej kabíny. Kabína má na prednej stene veľké trojdielne vstupné dvere pre vjazd dopravníka s karosériou. Veľké trojdielne dvere sa nachádzajú aj na opačnej strane kabíny. Neoddeliteľnou súčasťou kabíny sú horáky a vzduchotechnika na prívod a odvod vzduchu. Nesmieme zabudnúť na komín k horáku, ktorý odvádza spaliny.

V kabíne sa striekaním nanáša vrchná vrstva náterového systému. Pri samotnom procese striekania sa používajú vodou riediteľné vrchné farby. A to buď pigmentový základ UNI (t.j. pigment bez metalizovaného efektu) alebo metalíza, v požadovanom farebnom odtieni. Pri striekaní metalízy sa používajú tzv. Spraymate roboty (automatické pneumatické zariadenia), ktorých účinnosť je 50%. Striekanie jednofarebnými farbami UNI je na 80% zariadeniami ESTA a z 20% (motorové a dverové priestory) manuálne. Po medzisušení (kvôli vytekaniu vody z tejto vrstvy) je nanášaný pri teplote 70±5°C na karosériu riedidlový priesvitný lak, dodávajúci v konečnom efekte výsledný lesk. Sušenie poslednej vrstvy náterového systému je vykonávané v dvoch stupňoch a to medzisušenie a sušenie. Teplota sušenia v medzisušiarňi je 70°C a v konečnej sušiacej peci 135°C. Celý proces lakovania prebieha kontinuálne, väčšinou v automatickom cykle.



**Obr. 117 Striekanie pigmentovej vrstvy**

Poslednou zastávkou úpravy karosérie je linka, na ktorej sa vykonáva konzervácia dutých častí karosérie voskom riediteľným vodou. Proces konzervácie sa vykonáva vsadením trysiek do otvorov v karosérii a následne sa vysokotlakým zariadením (tlak 10-15MPa) bezvzduchovo vstrieke do dutín karosérie presne naprogramované množstvo konzervačného vosku. Týmto sa dosiahne pokrytie vnútorných plôch vrstvou 25-40 mikrometrov. Vosk má veľmi dobrú penetráciu a dostane sa aj do kapilárnych škár v dutinách, čím zabráni korozívnemu napadnutiu týchto častí.

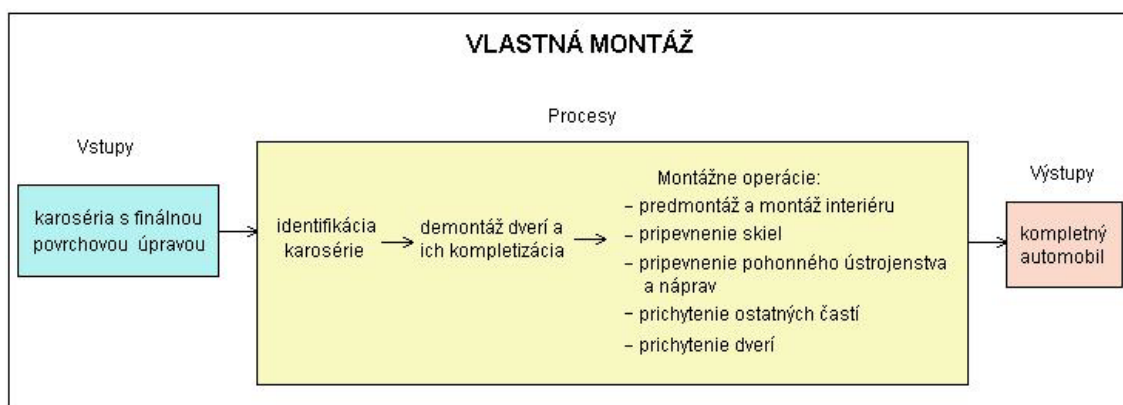
Hotové vozidlo je možné podľa prania zákazníka doplniť konzervačným nástrekom v priestore motora alebo aj po povrchu celej karosérie. Úlohou konzervačného nástreku je ochrániť automobil pri doprave alebo skladovaní. Konzervačný nástrek sa väčšinou aplikuje pri doprave automobilu cez more.

Produkt lakovne: karoséria s finálnou povrchovou úpravou

### **3.5 Vlastná montáž**

Vlastná montáž prebieha v montážnej hale, ktorá je najväčšou spomedzi všetkých výrobných hál. Na montážnych linkách v nej prebieha montáž a skompletizovanie vozidla do finálnej podoby. Vlastná montáž v sebe zahŕňa montážne operácie

osadzovania komponentov interiéru vozidla a osadenie pohonného ústrojenstva a náprav. Väčšina menších dielov je na karosériu montovaná manuálne. Väčšie časti ako napr. nádrž, výfuk a sedadlá sú montované pomocou manipulátorov, čo prispieva k nižšej fyzickej námahe pri práci operátorov. Na nadrozmerné a citlivé časti akými sú prístrojová doska, nápravy a sklá sa využívajú plne automatizované roboty zabezpečujúce vyššiu efektívnosť a kvalitu montáže.



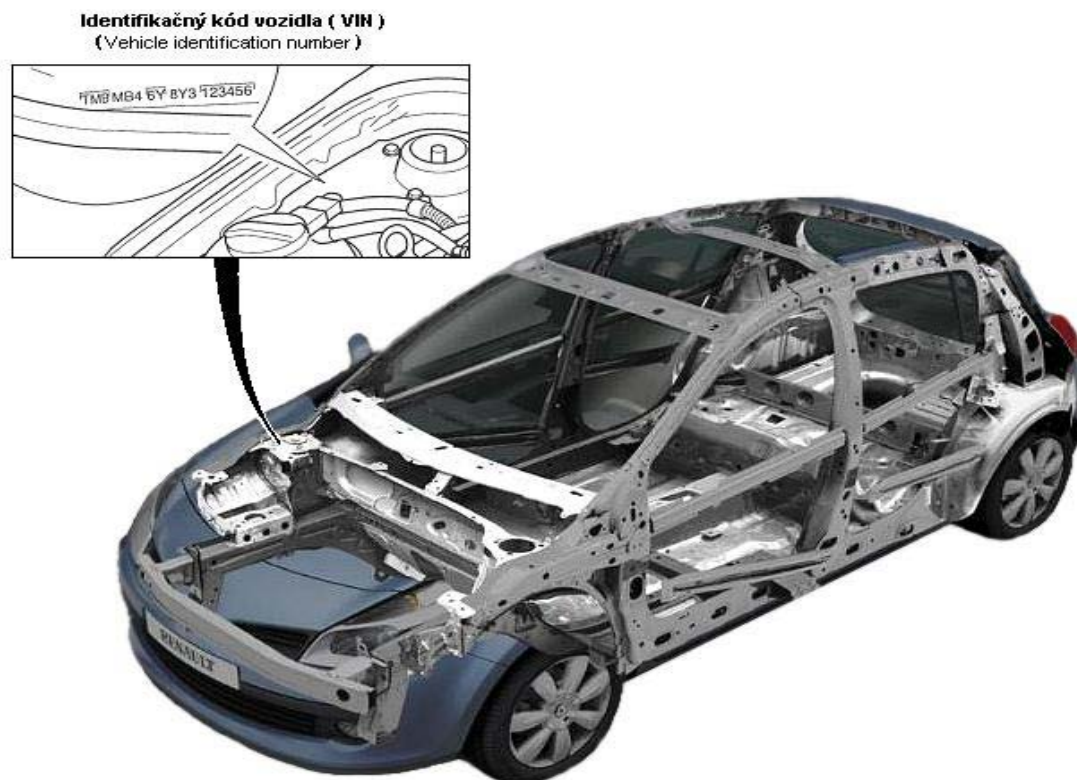
Obr. 118 Procesy vlastnej montáže

### Identifikácia karosérie

Motorové vozidlá a ich výbava musia byť pred uvedením do predaja úradne preskúšané (homologizované) autorizovanou skúšobňou ktoréhokoľvek štátu - člena Ženevskej dohody o vzájomnom uznávaní homologizácie vybavenia a súčasti motorových vozidiel. Vydané protokoly sú vzájomne uznávané všetkými členmi dohody. Na každom preskúšanom výrobku musí byť vyznačená homologizačná značka. Okrem výrobného štítku s hlavnými technickými informáciami a výrobnými číslami vozidla je vyrazený na karosérii (na niektorom ťažko vymeniteľnom dielci skeletu) identifikačný kód vozidla (VIN) a na bloku motora výrobné číslo motora.

Kód VIN (Vehicle Identification Number) vozidla sa podľa jednotného medzinárodného systému skladá zo sedemnástich znakov.

Automobily sú väčšinou okrem identifikačného čísla VIN označené ešte ďalšími identifikačnými kódmi, číslami a informačnými štítkami. Informačné štítky sú dvoch druhov. Jeden slúži k oboznámeniu s rôznymi dôležitými skutočnosťami, súvisiacimi s prevádzkou. Druhý typ štítkov udáva presnú špecifikáciu jednotlivých podkompletov a slúži pri výrobe a montáži, prípadne pre servis.



**Obr. 119** Umiestnenie identifikačného kódu vozidla

### Demontáž a kompletizácia dverí

Demontážou všetkých bočných dverí sa dosiahne zlepšenie prístupu do vnútorných častí automobilu pri montáži jednotlivých častí interiéru. Pri demontáži sa dvere uchopujú manipulátorom s pneumaticky poháňaným mechanizmom za vnútornú časť. Sú samostatným montážnym celkom, tzn. že sa opäť montujú ku karosérii až plne skompletizované všetkými komponentmi, ktoré sú v nich namontované. Spevnia sa výstuhami, osadí sa otvárací mechanizmus (zámky, kľučky), otváranie okien, reproduktory, tesnenia, čalúnenie, mechanizmus nastavovania spätných zrkadiel, prípadne sa naplnia tepelnou a zvukovou izoláciou. Účelne volené prelisy a pevnostné výstupy dávajú dverám značnú pevnosť, ako pri bočnom tak aj čelnom náraze. Dvere sú pripevnené ku karosérii dvoma veľmi tuhými závesmi. Závesy sú riešene tak aby bola umožnená jednak ľahká montáž, jednak nastavenie dverí vzhľadom k obrysovému aj obvodovému lícovaniu s karosériou, ale taktiež následnú demontáž dverí bez porušenia lícovania. V moderných automobiloch sú závesy konštrukčne riešené tak, že sa zároveň používajú aj ako obmedzovače otvorenia dverí, ktoré umožňujú ich aretáciu v dvoch polohách otvorenia. Dokončenie tohto montážneho celku prebieha na paralelnej linke.



Hotové dvere sú opätovne primontované k tomu istému automobilu, z ktorého boli demontované.



**Obr. 120** Kompletizačná linka dverí

### Montáž interiéru

Karoséria sa pohybuje kontinuálne pomocou elektro-dopravníkovej techniky počas celého procesu finálnej montáže. Ako prvé sa do karosérie inštalujú časti kúrenia, radiacej jednotky, tesnenia, čalúnenie, prístrojová doska a kabeláž. Elektrické káble sú spojené do akéhosi zvitku káblov, kde každý kábel má presne stanovenú dĺžku, farbu a funkciu v automobile. Kabeláž sa inštaluje po predchádzajúcom zohriatí celého zvitku, na takú teplotu, aby s ňou bola ľahšia manipulácia pri inštalácii. Hlavne pri prevliekaní jednotlivých káblov cez priechodzie otvory v jednotlivých častiach karosérie.

### Predmontáž a montáž cockpitu

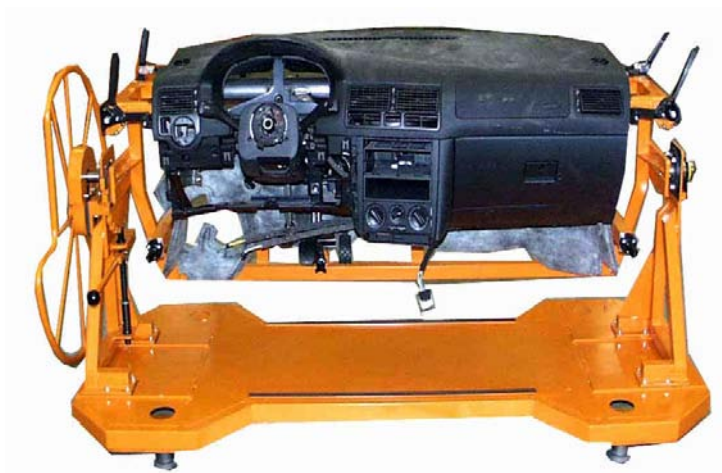
Kompletizácia prístrojovej dosky prebieha na paralelnej linke v špecializovanom závode. Prístrojová doska, niekedy používané aj palubná doska, je vyrobená z plastu a jej základný diel je skrutkami prichytený na priečny nosník. Do tohto základu sú montované ďalšie umelohmotné a elektronické časti prístrojovej dosky. Cockpit ďalej pozostáva z mechanizmu riadenia, ovládacieho panelu, servo jednotky pre brzdy, klimatizačného zariadenia, mechanizmu pedálov, centrálného potrubia a množstva ďalších prvkov, ktoré sú montované na špeciálne navrhnutý prípravok. Pod stredným

dielom prístrojovej dosky je umiestnený stredový panel ktorý na ňu nadväzuje. Je upevnený na stredný nosník karosérie. Predná časť je nasadená na pružné príchytky stredného panelu a dá sa demontovať iba súčasne s týmto panelom. Volant je upevnený k hriadeľu na kužeľ na jemné drážky.

Väčšia časť prístrojovej dosky a interiéru automobilu je vyrobená z plastu. Ako polotovar na plastové diely sa používajú polymérové granuláty.

Samotnému osadeniu do automobilu predchádza kontrola funkčnosti prístrojovej dosky testerom známym ako ECOS (Electrical Check Off System). Tester postupne kontroluje a odsúhlasuje jednu funkciu za druhou.

Kompletne zmontovaný a otestovaný cockpit je poloautomaticky vsadený do automobilu (prípadne manipulátor otvorí dvere, ak nie sú demontované). Po umiestnení cockpitu v karosérii, je automatický vycentrovaný v závislosti od blatníkov napr. použitím laserových senzorov a pripevnený.



**Obr. 121** Prípravok predmontáže prístrojovej dosky



**Obr. 122** Montáž prístrojovej dosky

### Montáž skiel

Sklo je lepené do rámu karosérie špeciálnym lepidlom priamym spájaním za asistencie robota, pre zvýšenie bezpečnosti a presnosti procesu.

Po celom obvode je sklo nastriekané čiernou keramickou hmotou a prechodovým rastrom. Tento čierny nástrek zabraňuje prieniku UV-žiarenia k lepidlu (lepidlo nesmie byť vystavené účinkom UV-žiarenia) a zároveň má aj estetický význam - zakrýva vnútornú konštrukciu karosérie v obvode okna. Sklo čelného okna sa dodáva už od výrobcu s tesneniami, ktoré majú na hornej strane a bočných stranách profil odlišný od profilu na spodnej strane. Lepidlo sa nanáša pri teplote 10-30°C tryskou špeciálneho prípravku. Profil naneseného lepidla pred osadením skla musí mať požadované rozmery. Po osadení skla vytvorí lep obvodový pás zhruba obdĺžnikového tvaru. Lep potrebuje k vytvrdnutiu určitú dobu. Počas tejto doby musí byť sklo fixované tak, aby sa oproti karosérii nepohlo vplyvom vlastnej hmotnosti.

Čelné sklo výrobca dodáva už s vnútorným držiakom spätného zrkadla, ktorý je na sklo prilepený polyuretánovým tmelom.

Elektrické vyhrievanie skiel môže pri vodivom spojení s karosériou spôsobiť povrchovú koróziu a následné odlupovanie laku. Navyše konštruktéri sa snažia znižovať hmotnosť vozidla na čo najnižšiu hodnotou a preto viacerí navrhujú karosérie, resp. ich časti z hliníkových zliatin. Vzniká však problém kontaktnej korózie. Aby sa týmto problémom predišlo, musí sa použiť lepidlo s nízkou vodivosťou a vysokým prechodovým odporom.



**Obr. 123** Založenie a prilepenie čelného skla

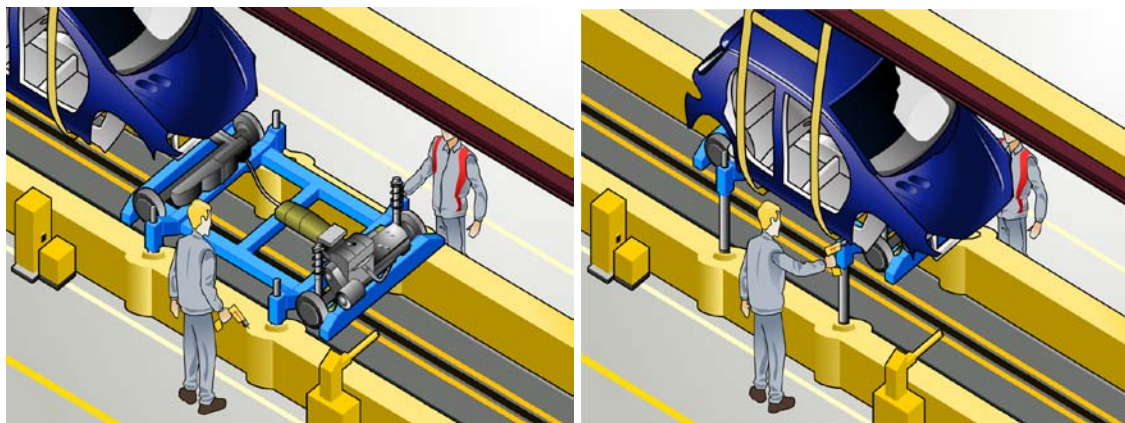
### Montáž pohonného ústrojenstva a náprav

V tejto fáze montáže automobilu dochádza k spojeniu dvoch hlavných skupín vyrábaného automobilu. Skompletizovaná podvozková časť sa po prvý krát spája s karosériou. Niekedy sa tomuto procesu hovorí aj „svadba“. Po absolvovaní tohto montážneho procesu po prvý krát už nebude za potreby unášacie zariadenie karosérie. Automobil sa už môže „postaviť na vlastné“ a pokračovať k ďalším dokončovúcim procesom.

Podsystémy pohonného ústrojenstva (motor, prevodovka) a nápravy sa vyrábajú paralelne s montážou komponentov. Výroba prebieha v závodoch, ktoré sa špecializujú na výrobu a montáž motorov, prevodoviek. Väčšinou sú to dva rozdielne závody. Jeden sa špecializuje na výrobu a montáž motorov a druhý na prevodovky. V týchto závodoch sa podsystémy vyrábajú a následne kompletizujú na špeciálnych montážnych linkách. Pred opustením závodu sú ešte testované podľa jednotlivých kritérií.

Kompletné motory, prevodovky a nápravy sú dodávané do montážneho závodu automobilov, konkrétne na stanovisko predprípravy pohonného ústrojenstva, ktoré pracuje paralelne s montážnou linkou vozidla. Na tomto stanovisku prebieha kompletizácia celého podvozkového systému. Spája sa motor s prevodovkou a riadiacim systémom prevodovky a pripája sa k podvozku, na ktorom je osadené ďalšie príslušenstvo ako výfukový systém, brzdne systémy atď. Kompletný podvozkový systém ako montážny celok prichádza na montážnu linku automobilu pripravený priamo na osadenie do vozidla.

Samotné osadenie prebieha v špeciálnom upínacom prípravku na ktorom je podvozkovka umiestnená. Robot potom vykoná zdvih s podvozkom ku karosérii, ktorá je držaná v určitej výške manipulačným zariadením. Následne pracovníci spoja tieto dva systémy v jeden celok.



**Obr. 124** Spojenie podvozku s karosériou

Pohonné ústrojenstvo je už mechanický spojené s vozidlom. Nasleduje jeho elektronické prepojenie (hlave motor s prístrojovou doskou). Prevedie sa prostredníctvom káblových rýchlospojek. Náplňou ďalšieho stanoviska je doplniť všetky tekuté média. Palivo, chladiaca zmes, brzdová kvapalina a médium klimatizácie.

### Montáž sedadiel a exteriérových prvkov automobilu

Chýba už len malý krok k tomu aby bol automobil kompletný. V tejto etape sa už len skompletizuje predná časť, namontujú sa sedadlá, nárazníky, spojere, lišty a kolesá. Montážna jednotka prednej časti obsahuje svetlomety, chladič, predný nárazník a ďalšie časti, ktoré sa montujú na rám špeciálne navrhnutý pre túto operáciu. Kompletne predmontovaný predok je osadený do prednej časti karosérie za pomoci manipulátora a po umiestnení sú navzájom zoskrutkované.



**Obr. 125** Primontovanie nárazníkov

Kolesá sa pripevňujú na vozidlo (komplet disk s pneumatikou, nahustene a vyvážené) pomocou špeciálneho nástroja., osadí sa volant, airbagy, nárazníky a sedadlá.

Sedadlá sa vyrábajú zväčša iným špecializovaným závodom a sú dodávané do montážneho závodu, kde sa na konci montážnej linky osadia do automobilu pomocou manipulátora. Rámy sedadiel sú zvárency z oceľových, lisovaním vytvarovaných plechov a oceľových drôtov. Vankušové vložky sú z polyuretánovej peny. Textilný poťah je upevnený do rámu sedadla opatrený zovierajúcim profilom zasunutým do drážky rámu.

### Montáž dverí

Na konci montážnej linky sa už skompletizované dvere opäť primontujú na to isté vozidlo, z ktorého boli demontované.

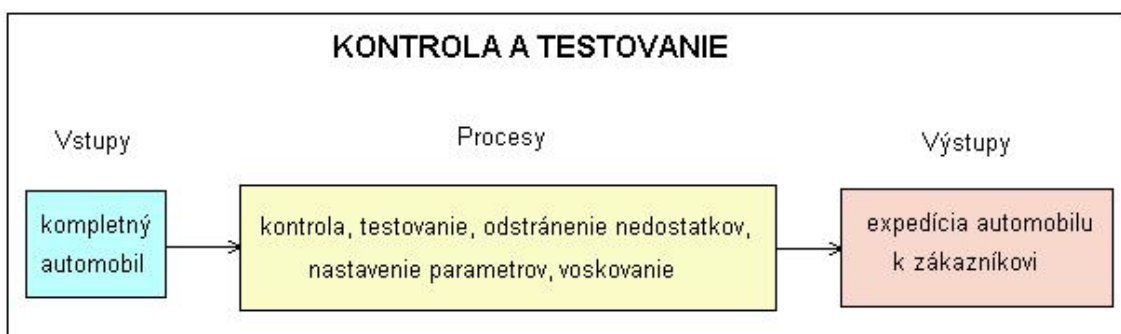


Obr. 126 Prichytenie skompletizovaných dverí

Produkt: kompletný automobil

### 3.6 Finálna kontrola a testovanie automobilu

VPC (Vehicle Processing Center) je posledná hala závodu, ktorou vyrobené vozidlo prejde pred tým, ako je doručené predajcovi a následne zákazníkovi. Prebiehajú v nej tieto základné procesy: konečná kontrola vozidla, testovanie, odstránenie zistených nedostatkov, nastavenie parametrov a antikoročná úprava (voskovanie). Zároveň je do vozidiel dopĺňaná dodatočná výbava, ako sú manuály k vozidlu v rôznych jazykových úpravách, záručné listy, lekárnička a pod.



Obr. 127 Procesy finálnej kontroly

Vozidlo vstupujúce do VPC je evidované špeciálnym zariadením, ktoré načíta jeho kód. Podľa tohto kódu je možné zistiť špecifikáciu vozidla. Ďalej pokračuje vozidlo na inšpekčnú linku. Prvým z testov je jazda na dynamometri – tzv. ROLL & BRAKE. Pred samotnou jazdou v kabíne operátor kvality skontroluje základné prvky motorovej časti (náplne, konektory, káble...) a elektrické funkcie (svetlá, stierače, ovládanie okien...). Jazda v uzavretej kabíne na dynamometri simuluje bežnú prevádzku, pričom sa merajú charakteristiky motora za rôznych podmienok a funkčnosť bŕzd (ABS a ESP).

Ďalej nasleduje HADS test, pri ktorom sa kontroluje funkčnosť riadiacich jednotiek motora a prevodovky, ako aj airbagy, ABS a ESP. Po obhliadke podvozковой časti na tzv. „jame“ sa automobil odvezie na dráhu – testovací okruh – kde sa testujú dynamické vlastnosti vozidla. Tu sa opäť vizuálne kontroluje motorová časť a overí sa funkčnosť ovládacích prvkov. Počas skúšobnej jazdy sa kontrolujú dynamické vlastnosti automobilu (motor, podvozok, hluk, vibrácie, rušivé zvuky...).

Ďalším testom je vodný test (SHOWER test), pri ktorom sa na automobil strieka veľké množstvo vody zo všetkých smerov a kontroluje sa prípadné presakovanie do interiéru a batožinového priestoru. Za vodným testom sa v žiari neónových lúčov (až 2300 luxov) kontroluje kvalita laku karosérie, tzv. TOUCH UP. Správny prúdový odber všetkých elektrických častí (okamžitá spotreba elektrickej energie) sa kontroluje na teste nazvanom ECOS.

V prípade zistených problémov je vozidlo odstavené do priestoru určeného na opravy, ktorého súčasťou je okrem iného lakovacia komora pre menšie opravy laku alebo sklad najporuchovejších výmenných dielov (sklá, spätné zrkadlá a pod.). Ak sa vyskytne väčší problém, vozidlo je prepravené do príslušnej výrobnéj haly, kde problém

vznikol. Tu sa pracuje na jeho odstránení a cieľom je aj nájsť jeho pôvod a odstrániť možnosť jeho ďalšieho vzniku.

Pri úspešnom absolvovaní všetkých testov nasleduje antikorózna úprava, ktorá sa vykonáva najmä na tých častiach vozidla, ktoré budú vystavené poveternostným vplyvom počas prepravy do cieľovej krajiny. Ďalej sa aplikuje na tie časti, ktoré majú najväčší sklon k hrdzaveniu, ako sú podvozok, podbehy kolies, vnútro dverí, body spájania a pod. Antikorózne sa upravujú aj niektoré časti motora. Skontrolované a antikorózne upravené vozidlá budú skladované na parkovisku. Odtiaľ budú podľa exportnej krajiny nakladané na vlakové súpravy alebo kamióny a odvážané.



Obr. 128 Vodný test

### Expedícia

Vozidla, ktoré prešli kompletným testovaním a sú pripravené na cestu k zákazníkovi sú odparkované na veľkoplošné parkoviská v blízkosti závodu. Odtiaľ sa nakladajú na kamión alebo vlak v závislosti od destinácie. Pri luxusných automobiloch sa zakrývajú niektoré časti ochrannými fóliami alebo sa celý automobil zabalí.





Obr. 129 Cestná preprava vyrobených vozidiel z PSA



Obr. 130 Železničná preprava vozidiel KIA

## 4 Výučbový materiál – prezentácia „Montáž v automobilovej výrobe“

Pre účely výučby bolo potrebné spracovať modul v PowerPointe, ktorý bude možné aplikovať pri výučbe najmä v rámci predmetov študijného odboru Výrobné technológie- automobilová výroba, ako aj v iných zameraniach.

Výučbový modul bude tak isto možné použiť aj na rôznych kurzoch a stretnutiach, ktoré sú určené k oboznámeniu aj širšej verejnosti s výrobou automobilov v závodoch na finálnu montáž automobilov.

Z hľadiska **obsahu** modul by mal obsiahnuť problematiku montáže a finálnej výroby a montáže osobného automobilu t.j.- procesy montážneho závodu.

Z hľadiska **použitých prostriedkov** pre realizáciu bol vytypovaný ako najvhodnejší program balíku Microsoft Office – PowerPoint a to z nasledujúcich dôvodov:

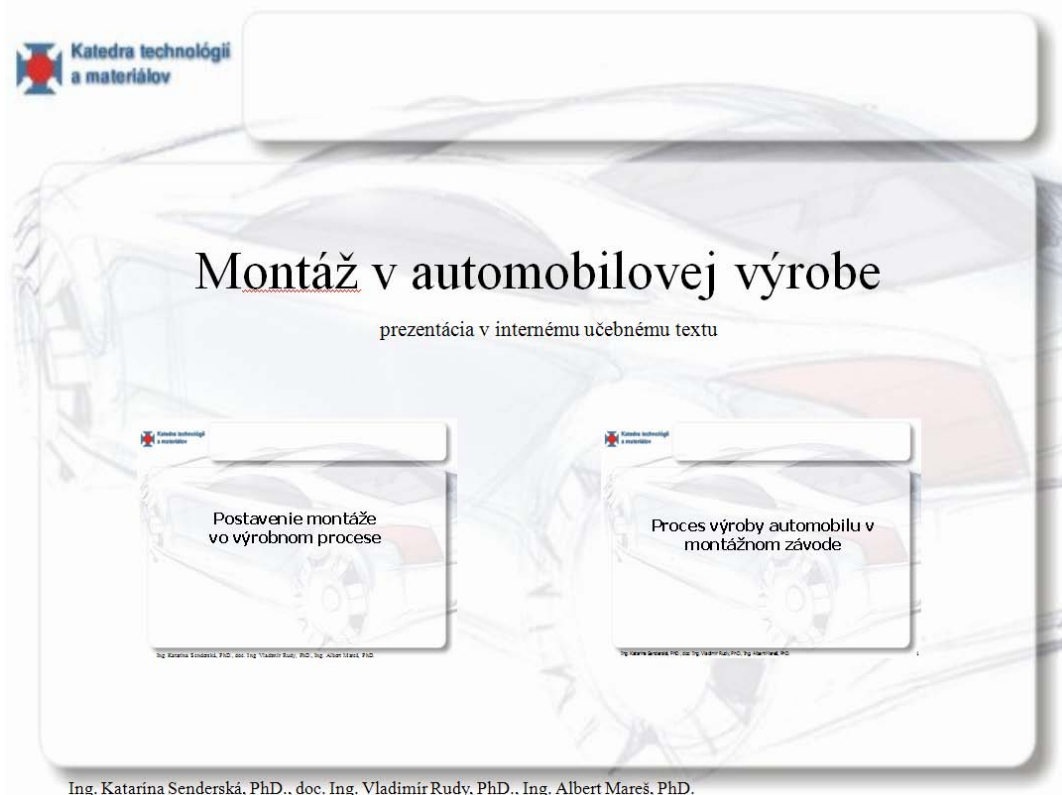
- je bežne prístupný na takmer všetkých osobných počítačoch . Z tohto dôvodu by nemal byť problém spustiť prezentáciu bez potreby nejakej prípravy. V tejto prezentácii neboli použité nijaké špeciálne efekty pretože ich spustenie je často viazané na príslušnú inštalovanú verziu Microsoft Office.
- tvorba v PowerPointe nie je mimoriadne náročná čo má výhodu, že príslušnú prezentáciu je možné bez problémov upravovať, deliť, pridávať snímky a pod.
- PowerPoint umožňuje integrovať aj rozličné grafické a multimedialne prvky ako sú fotografie, 3D CAD modely, videa, tabuľky atď. Je možné priamo aplikovať prepojenia na internet resp. z Powerpointu spúšťať aj iné aplikácie ako príklady pri prednáške.

### 4.1 Základná štruktúra prezentácie „Montáž v automobilovej výrobe“

Hlavná prezentácia sa spúšťa zo súboru „montáž v automobilovej výrobe.ppt“ a obsahuje dva snímky. Prvý snímok umožňuje spustiť hlavné prezentácie (obr. 131). Pri spúšťaní hlavnej prezentácie je potrebné aktualizovať odkazy, na ktoré vás počítač automaticky upozorní. Je to spôsobené prepojením hlavnej prezentácie s podprezentáciami. Pre spustenie prezentácie musí byť na počítači nainštalovaná aplikácia PowerPoint z programového balíka Microsoft Office firmy Microsoft.

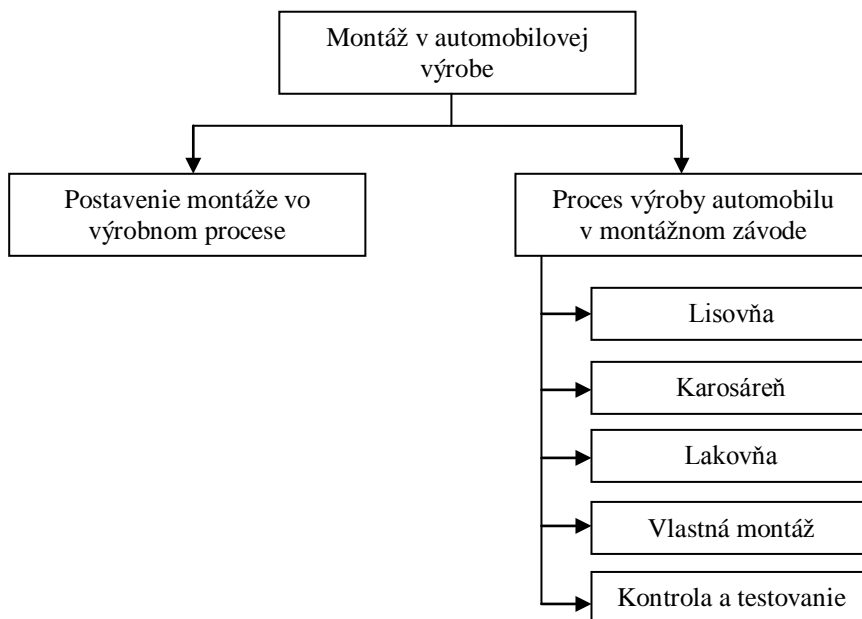
Po kliknutí na niektorý z obrázkov sa spustí príslušná prezentácia. Po skončení prezentácie je užívateľ vrátený naspäť na hlavnú stránku prezentácie.

Základná štruktúra celého výučbového modulu je znázornená na obr. 132.



Ing. Katarína Senderská, PhD., doc. Ing. Vladimír Rudy, PhD., Ing. Albert Mareš, PhD.

Obr. 131 Úvodná obrazovka prezentácie



Obr. 132 Základná štruktúra prezentácie

Druhý a zároveň posledný snímok tejto prezentácie prezentuje literatúru odporúčanú literatúru pre danú problematiku (obr. 133).

**Katedra technológií a materiálov**

### Vybraná odporúčaná študijná literatúra

Whitney D., E.: **Mechanical assemblies**, Oxford University Press, New York, 2004, ISBN 0-19-515782-6

Shimokawa K., Jürgens U., Fujimoto T.: **Transforming automobile assembly : experience in automation and work organization** Springer, 1997, ISBN 3-540-60506-1

Ihme J.: **Logistik im Automobilbau**, Hanser Mníchov, Viedeň, 2006, ISBN 3-446-40221-7

Lotter B., Schilling W.: **Montage in der industriellen Fertigung**, Ein Handbuch für die Praxis, Springer, 1992, ISBN 3-540-62148-2

Rudy V., Senderská K.: **Pohony automobilov a ich komponenty**, SĽ TU Košice, 2007, 1 elektronický optický disk (CD-ROM), ISBN 978-80-8073-833-4

Senderská K.: **Technické prostriedky pre ručnú montáž**, SĽ TU Košice, 2004, 1 elektronický optický disk (CD-ROM), ISBN 80-8073-090-3.

Siemens AG Automotive Industry [http://www.automation.siemens.com/automotive/index\\_76.htm](http://www.automation.siemens.com/automotive/index_76.htm)  
PSA Peugeot Citroën [http://www.psa-peugeot-citroen.com/en/psa\\_group/virtual\\_visit\\_b4.php](http://www.psa-peugeot-citroen.com/en/psa_group/virtual_visit_b4.php)  
Volkswagen AG <http://www.volkswagen-kinderleicht.de/werkstour>  
TPCA Toyota Peugeot Citroën Automobile <http://www.tpcz.com/www.virtual-cz/index.html>

Ing. Katarína Senderská, PhD., doc. Ing. Vladimír Rudy, PhD., Ing. Albert Mareš, PhD.

Obr. 133 Druhý snímok hlavnej prezentácie

## 4.2 Prezentácia „Postavenie montáže vo výrobnom procese“

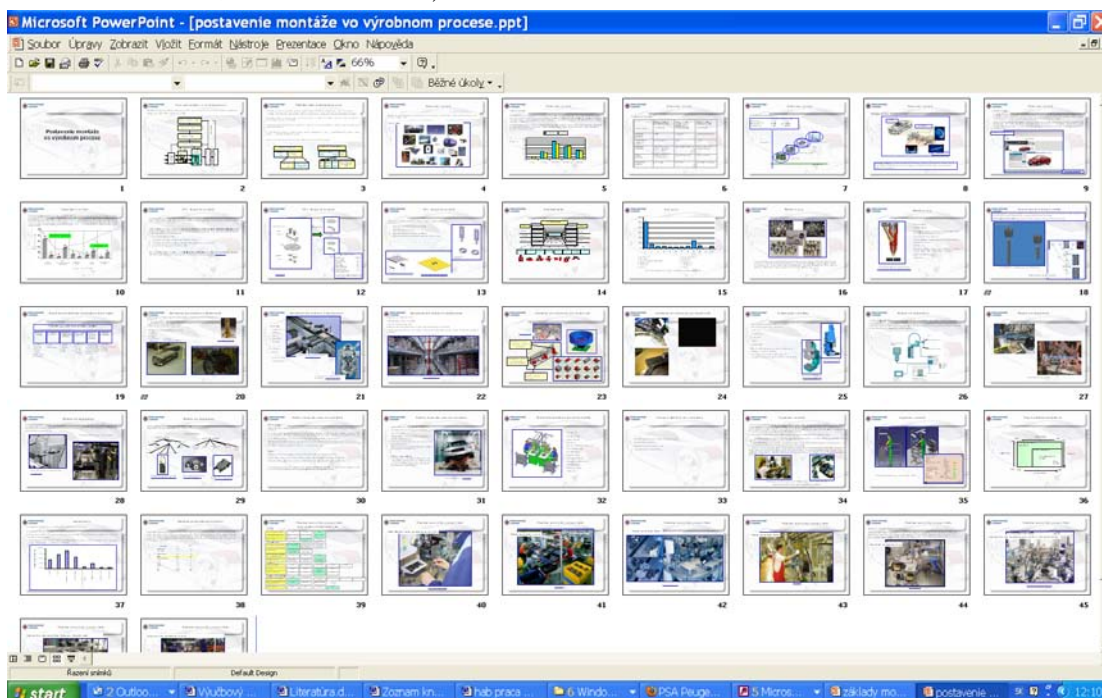
Celá táto prezentácia je zameraná na predstavenie montáže ako výrobného procesu, ktorý má svoje špecifiká a uvedené sú stručné charakteristiky jednotlivých tematických oblastí.

Prezentácia pozostáva zo 47 snímok (obr. 134), ktoré obsahujú obrázky, texty a niektoré z nich aj videá pre lepšie priblíženie preberanej problematiky. Pokiaľ prezentácia obsahuje video, to sa spúšťa kliknutím na obrázok videa. Na niektorých snímkoch je textová výzva, ktorá upozorňuje na video a na snímkoch kde takáto výzva nie je, je možné identifikovať video tak, že po nastavení kurzoru myši na obrázok sa kurzor zmení zo šípky na ruku.

*(Technická poznámka: Videá sa spúšťajú v okienku kde sú v prezentácii vložené. Aj napriek úsiliu, ktoré sme venovali konverzii videí do takého formátu aby boli čo najmenej problémy s ich prehrávaním v operačnom systéme Windows (formát \*.wmv) je možné, že na niektorých počítačoch nepôjdu videá korektne. Pokiaľ sa Vám video po*

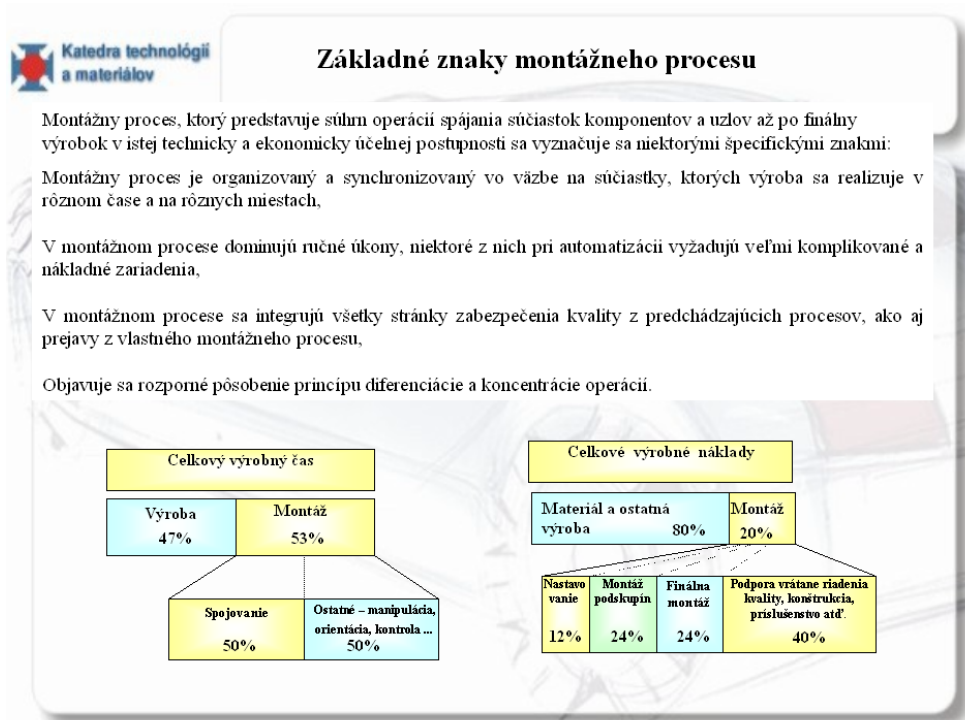
## Montáž v automobilovej výrobe

kliknutí na obrázok nespustí, alebo nejde korektne napr. namiesto obrazu je čierne alebo biele políčko je potrebné skontrolovať na počítači kde sa spúšťa prezentácia nainštalované kodeky, prípadne vypnúť hardverovú akceleráciu prehrávania videa. Ak by nič z vyššie spomínaných krokov nepomohlo, odporúčame spustiť videá priamo z adresára na CD, kde sú uložené.)



Obr. 134 Náhľadové zobrazenie celej prezentácie

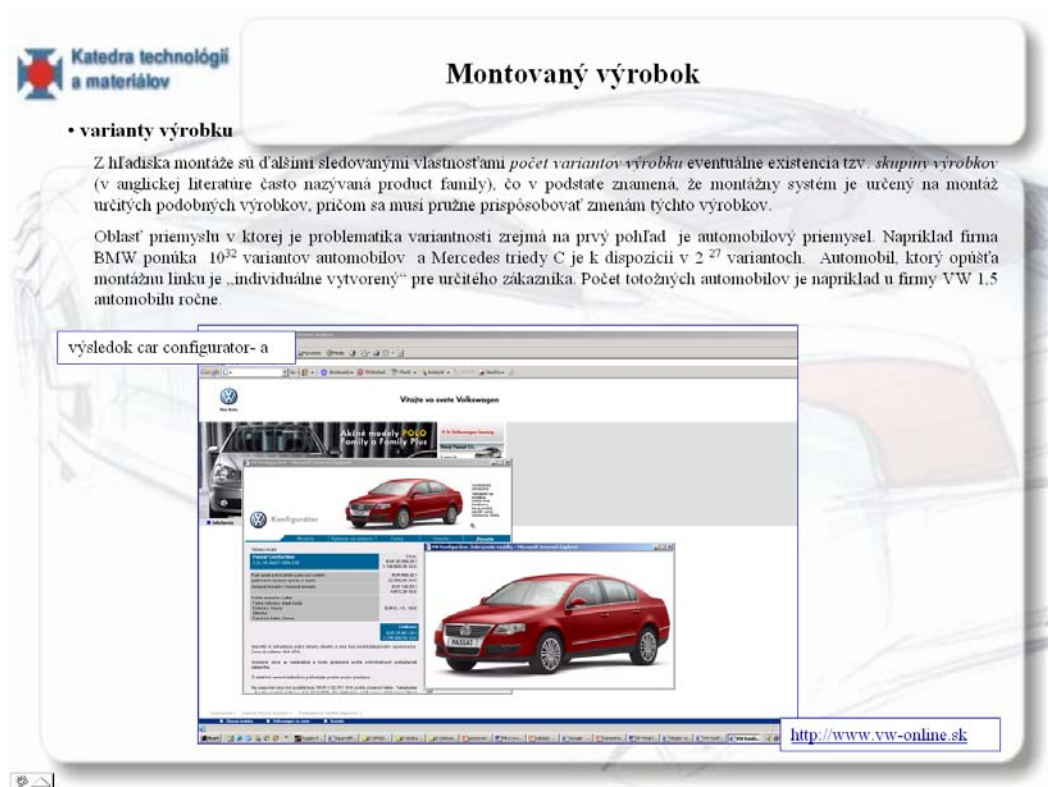
Na obrázkoch 135 až 139 sú ukážky vybraných snímok z prezentácie.



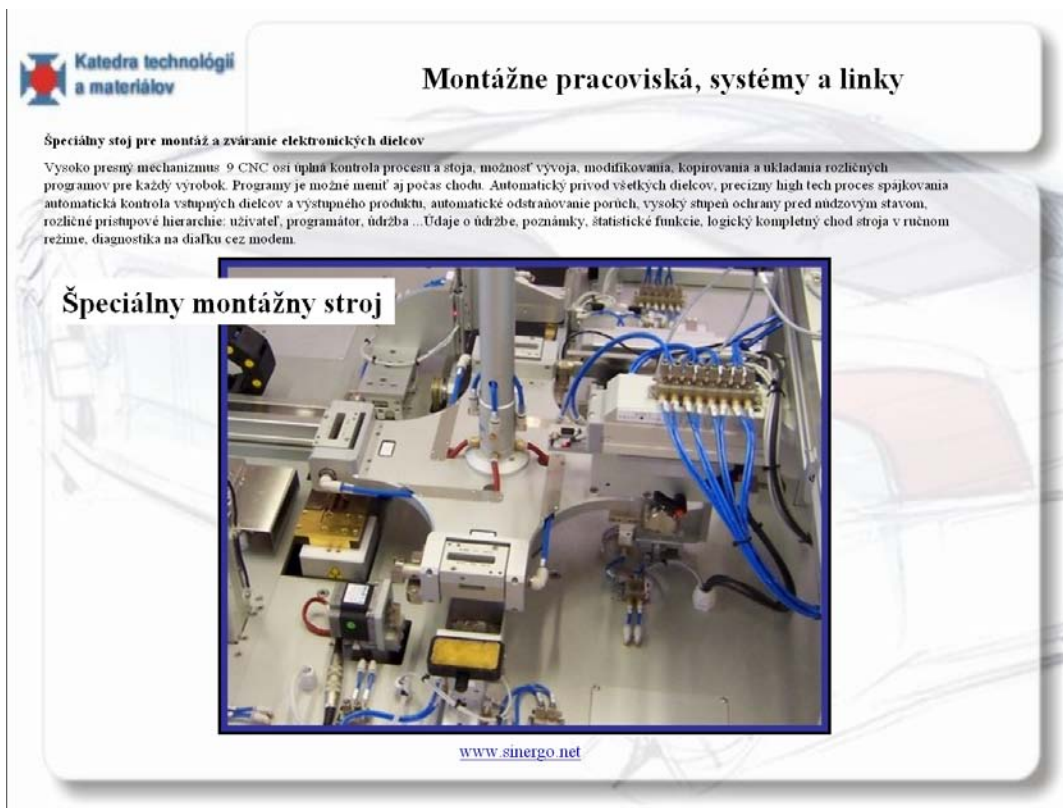
Obr. 135 Snímok prezentujúci základné znaky montážneho procesu



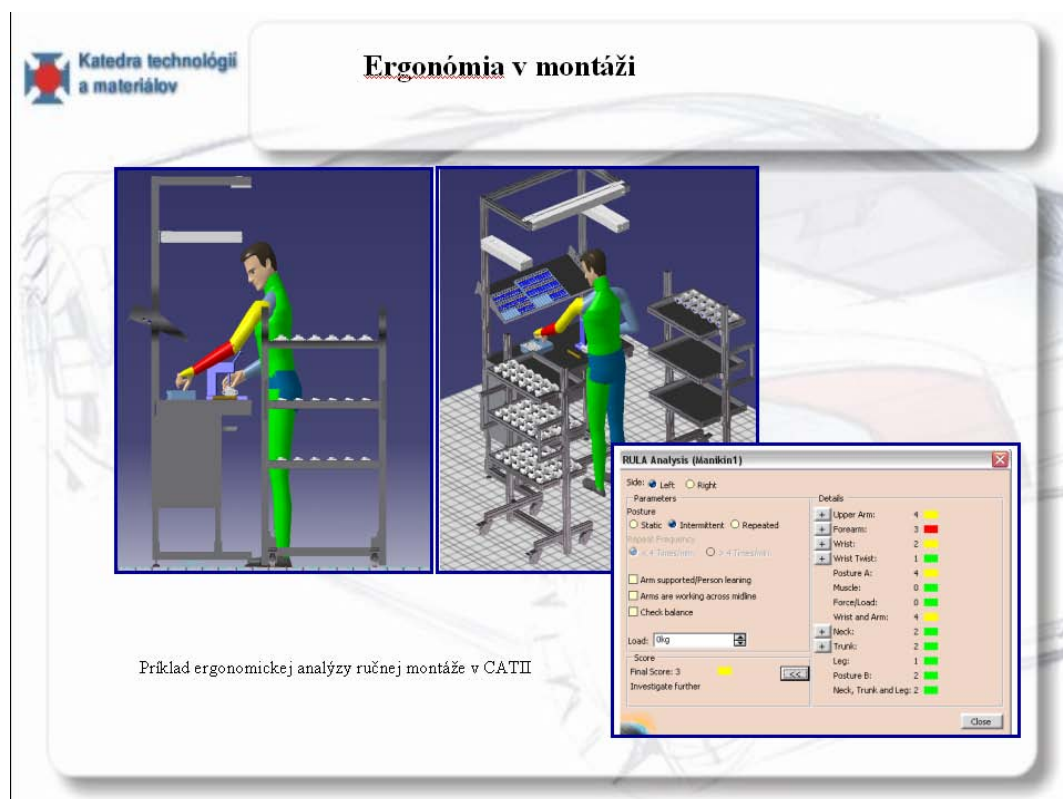
Obr. 136 Snímok s videom automatickej skrutkovacej jednotky



Obr. 137 Snímok predstavujúci montovaný výrobok



Obr. 138 Snímok prezentujúci montážny stroj



Obr. 139 Ergonómia v montáži

### 4.3 Prezentácia „Proces výroby automobilu v montážnom závode“

Návrh prezentácie vychádzal z predpokladu, že spracovávaná téma, ktorá je vysoko aktuálna ale sa zároveň rýchlo mení resp. neustále v tejto oblasti z hľadiska obsahu informácií dochádza k pokroku a je potrebné aby prezentácia bola ľahko aktualizovateľná.

Z tohto dôvodu bol zvolený modulový princíp vytvorenia prezentácie. Takýto princíp umožňuje aby zmeny realizované v jednom module sa neprenášali do celej prezentácie. Čiže jednotlivé pod prezentácie sú ľahko aktualizovateľné a následne, už upravené, sú načítavané do hlavnej prezentácie.

V prezentácii boli preferované vizuálne informácie t.j. fotografie, videa, a pod. s minimálnym množstvom textu. Podrobné textové informácie a komentáre sú uvedené v kapitole 3. Pri používaní prezentácie sa predpokladá, že tieto informácie budú prezentované slove.

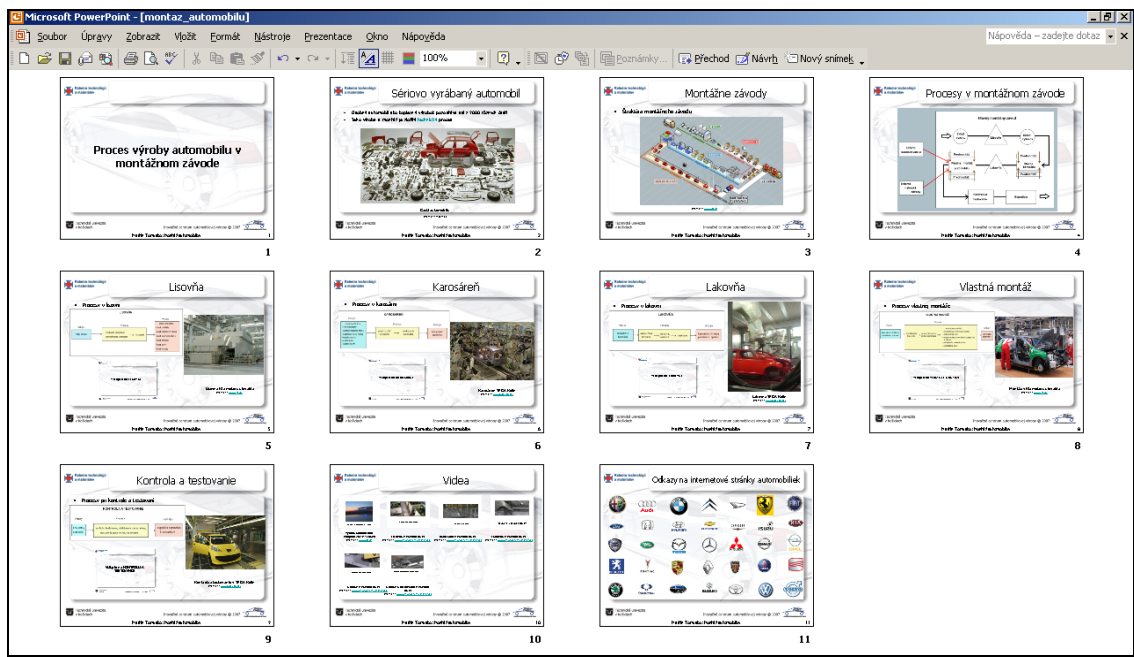
Z dôvodu prístupnosti informácií o príslušnej problematike, pri tvorbe boli použité informácie z rozličných zdrojov. To znamená, že v prezentácii sa neprezentuje montáž v jednom podniku t.j. popis montáže nie je viazaný na jeden produkt alebo značku.

Prezentácia „Proces výroby automobilu v montážnom závode“ pozostáva z 11-tich snímok, ktorých rozloženie je uvedené na obr. 140.

Prezentácia začína úvodom a rýchlym uvedením poslucháčov do problematiky montáže automobilov. Nasleduje schematické znázornenie montážneho závodu s popisom hlavných úsekov v závode a prechádza k zobrazeniu hlavných procesov, zobrazených v slede postupu výroby automobilu v montážnom závode.

Po oboznámení poslucháčov s montážnymi závodmi a procesmi v nich sa dostávame k detailnejším popisom piatich hlavných procesov, ktoré sa vykonávajú postupne v týchto častiach závodu: lisovňa, karosáreň, lakovňa, vlastná montáž a kontrola a testovanie.





Obr. 140 Hlavný obsah prezentácie

Táto prezentácia sa spúšťa ako prvá a z nej sú vytvorené vstupy na ďalšie pod prezentácie. Po spustení hlavnej prezentácie je možné ju odprezentovať aj bez spustenia vložených pod prezentácií.

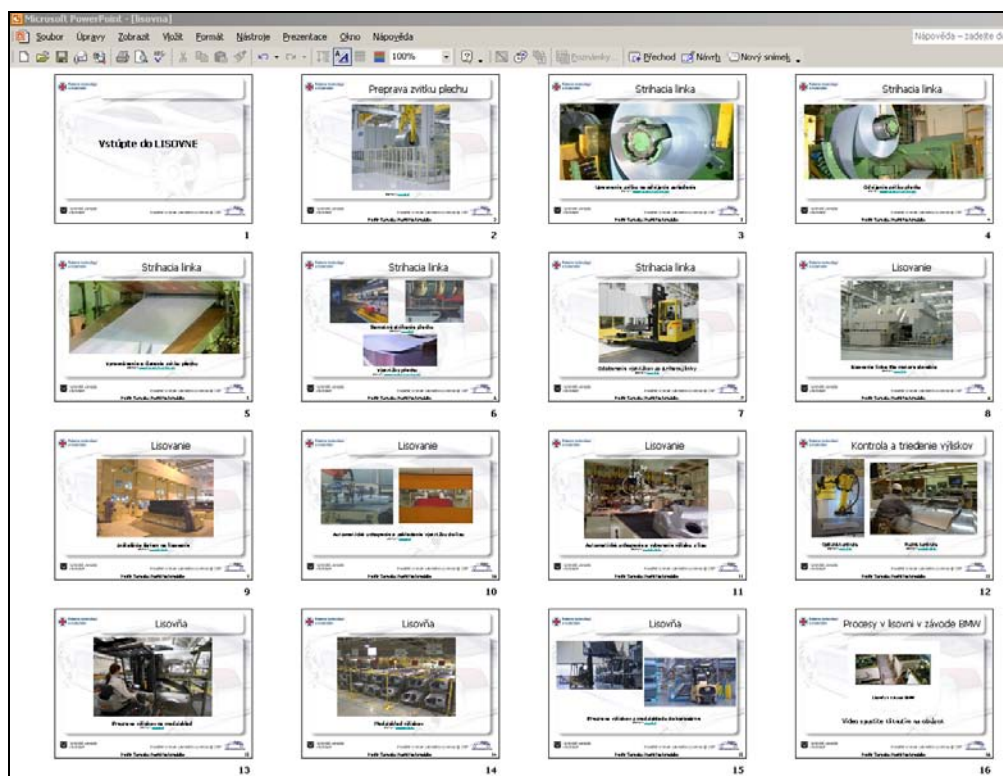
Tie sa spúšťajú samostatne po kliknutí na zmenšené obrázky jednotlivých pod prezentácií (obr. 141). Po odprezentovaní detailnejšej prezentácie sa na jej konci automaticky vrátite na snímok v hlavnej prezentácii, odkiaľ sa pod prezentácia spustila.



Obr. 141 Spúšťanie pod prezentácií z hlavnej prezentácie

### 4.3.1 Pod prezentácia lisovňa

V ponuke hlavnej prezentácie je ako prvá pod prezentácia lisovňa v ktorej sú uvedené procesy, ktoré sa vykonávajú v lisovni. Prezentácia pozostáva zo 16-tich snímok, ktoré sú radené v slede postupu procesov v lisovni. Na jednotlivých snímkach sú uvedené obrázky s popisom procesu.



Obr. 142 Štruktúra pod prezentácie Lisovňa

Na obrázkoch 143 a 144 sú ukážky snímok z prezentácie.

## Preprava zvitku plechu



Prameň: [www.psa.fr](http://www.psa.fr)

Obr. 143 Preprava zvitku plechu

## Procesy v lisovni v závode BMW



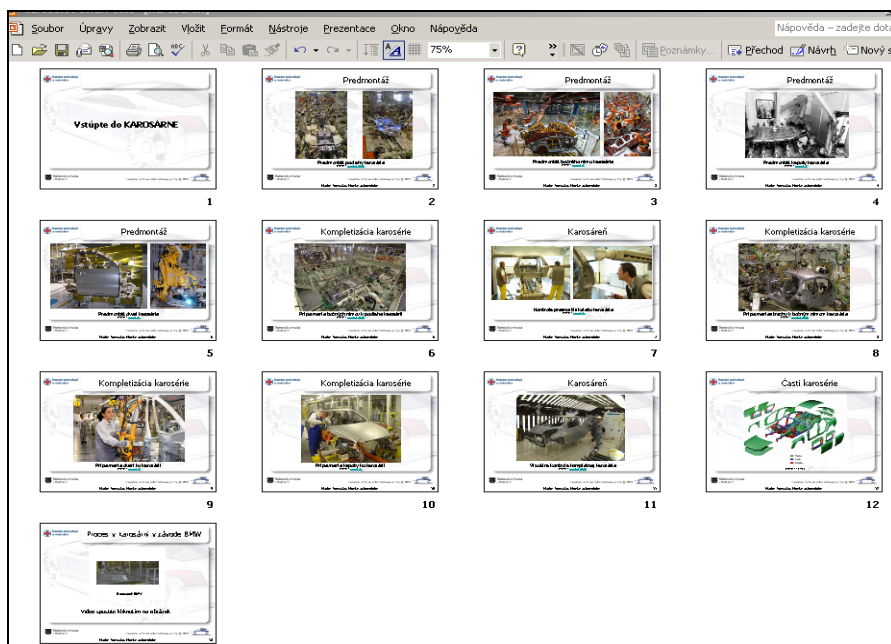
Lisovňa v závode BMW

Video spustíte kliknutím na obrázok

Obr. 144 Snímok obsahujúci video z lisovne

### 4.3.2 Pod prezentácia karosáreň

Proces výroby automobilu pokračuje v karosárni a preto je ďalšou v poradí pod prezentácia karosáreň. Spúšťanie pod prezentácie je rovnaké ako pri prvej pod prezentácií a tak isto je tomu aj pri ostatných. Prezentácia pozostáva z 13 snímok (obr. 145). Postupnosť zobrazovaného obsahu na snímkach je totožná s postupom procesov v karosárni. Na obrázkoch 146 a 147 sú ukážky snímkov z prezentácie.



Obr. 145 Štruktúra pod prezentácie Karosáreň



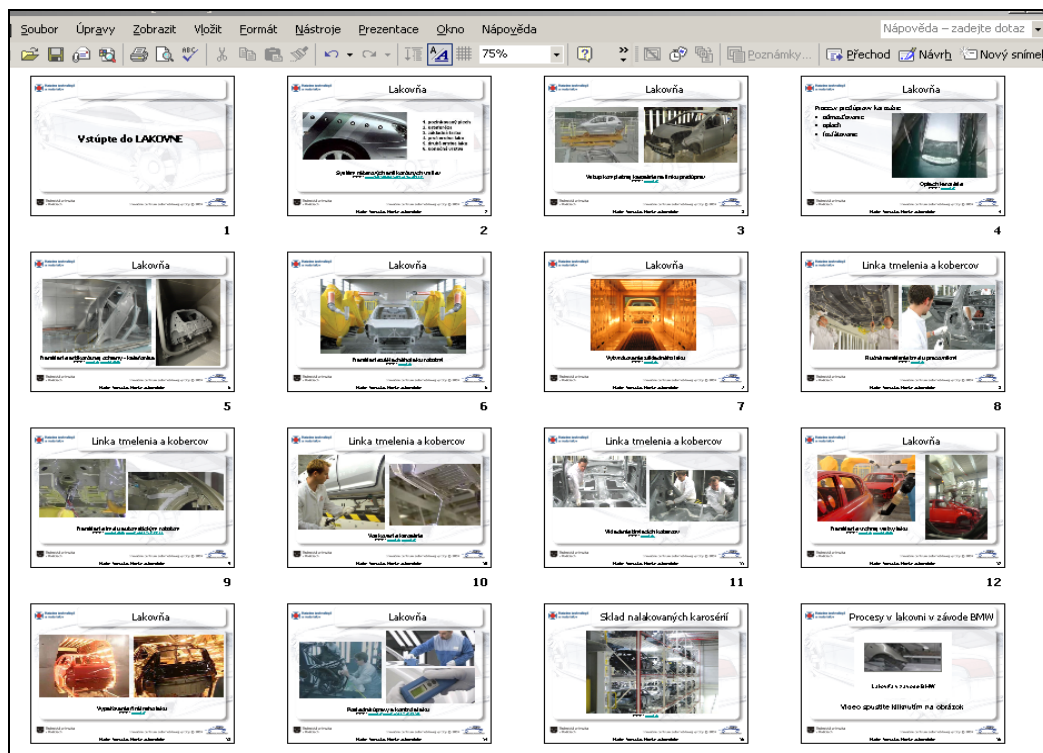
Obr. 146 Náhľad snímku pod prezentácie



Obr. 147 Snímok obsahujúci video z karosárne

### 4.3.3 Pod prezentácia lakovňa

Lakovňa je ďalšou zastávkou v rámci výrobného procesu, v ktorej karoséria vozidla prejde rôznymi povrchovými úpravami a získa finálny farebný odtieň. Tento proces je znázornený a popísaný v tejto pod prezentácii. Prezentácia má 16 snímok (obr. 148), kde na poslednej snímke tejto, tak ako u ostatných prezentácií je k dispozícii video z lakovne zo závodu BMW v Nemecku (obr. 150).



Obr. 148 Štruktúra pod prezentácie Lakovňa



Obr. 149 Lakovňa



## Procesy v lakovni v závode BMW



Video spustíte kliknutím na obrázok

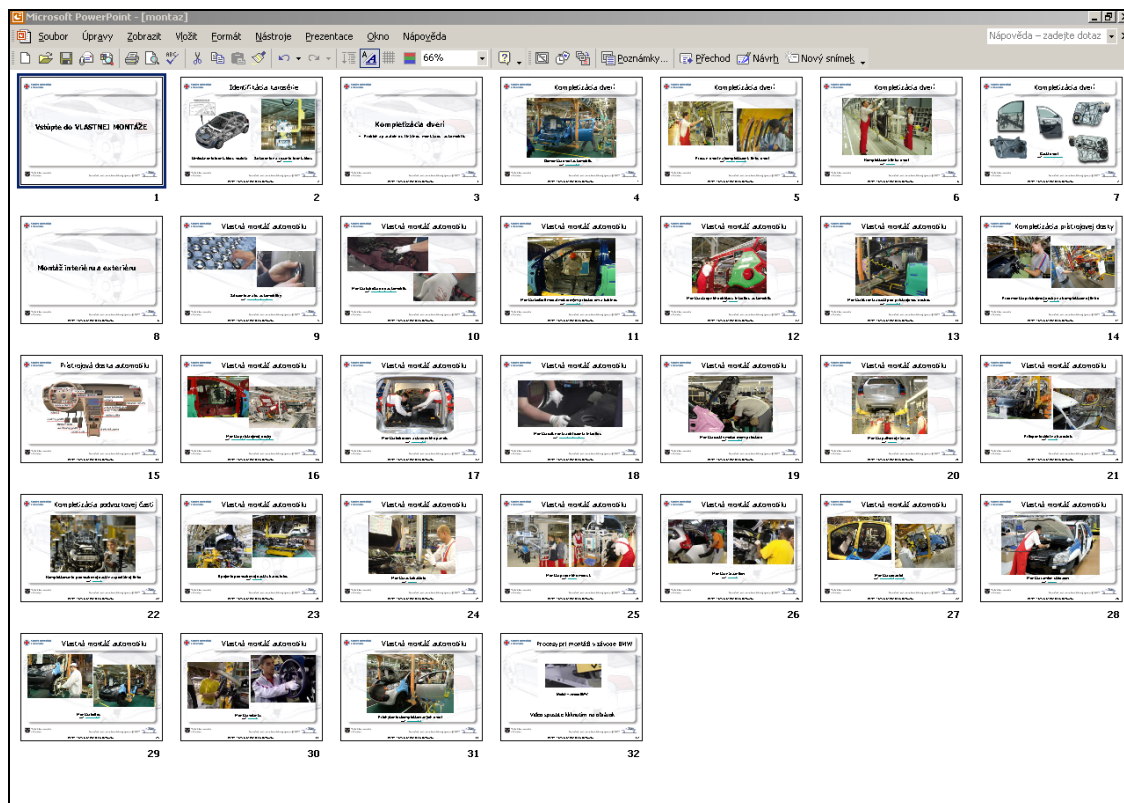
16

Obr. 150 Video zo závodu BMW v Nemecku

### 4.3.4 Pod prezentácia vlastná montáž

Po procese lakovania nasleduje vlastná montáž automobilu na montážnych linkách, kde prebieha montáž a skompletizovanie vozidla do finálnej podoby. Táto pod prezentácia pozostáva z najväčšieho počtu snímok z pomedzi všetkých pod prezentácií. Počet snímok je 32. Je to spôsobené tým, že proces vlastnej montáže v sebe zahŕňa najviac operácií z pomedzi všetkých hlavných procesov.

## Montáž v automobilovej výrobe



Obr. 151 Štruktúra pod prezentácie Vlastná montáž



Obr. 152 Demontáž dverí



## Vlastná montáž automobilu



### Spojenie podvozovej časti s karosériou

Prameň: [www.psa.fr](http://www.psa.fr)

23

Obr. 153 Spojenie podvozku s karosériou

## Vlastná montáž automobilu



### Montáž kolies

Prameň: [www.tpca.cz/cz/](http://www.tpca.cz/cz/)

29

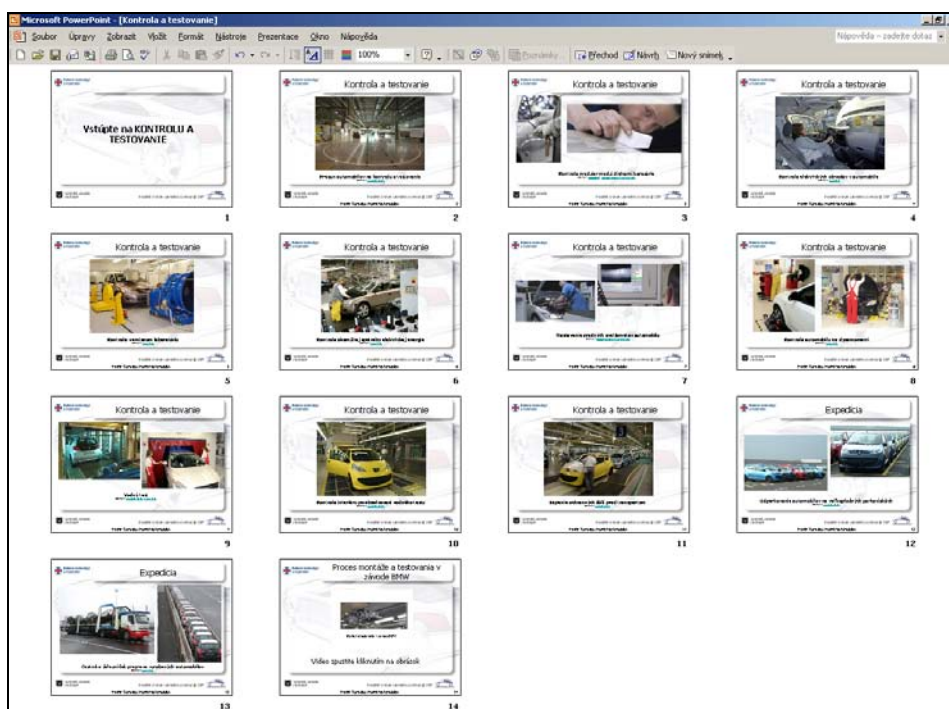
Obr. 154 Montáž kolies



Obr. 155 Snímok obsahujúci video z montáže

### 4.3.5 Pod prezentácia kontrola a testovanie

Ako posledná v ponuke hlavnej prezentácie je pod prezentácia „Kontrola a testovanie“. Pozostáva zo 14 snímok a uzatvára prednášku o finálnej montáži automobilov. Ako posledná snímka v tejto pod prezentácii je taktiež snímka obsahujúca prepojenie na video ukážku zo závodu BMW v Nemecku.



Obr. 156 Štruktúra pod prezentácie Kontrola a testovanie

## Kontrola a testovanie



**Kontrola elektrickoinštalácie automobilu**

Prameň: [www.kia.sk](http://www.kia.sk)

6

Obr. 157 Kontrola elektroinštalácie automobilu

## Proces montáže a testovania v závoде BMW



Video spustite kliknutím na obrázok

14

Obr. 158 Snímok obsahujúci video z montáže a testovania

### 4.3.6 Doplnkové snímky

Predposledná snímka prezentácie obsahuje prepojenia na videoukážky, ktoré sa nachádzajú v jednotlivých pod prezentáciách na konci a na tejto snímke je navyše k dispozícii aj 6 minútová videoukážka výroby automobilu Peugeot 207 v závode PSA v Trnave.

Ako posledná snímka prezentácie (obr. 159) je zoznam odkazov na internetové stránky vybraných automobiliek. Kliknutím na logo vybranej automobilky sa automaticky v novom okne otvorí internetová stránka danej automobilky. V tomto prípade však musí byť počítač vybavený internetovým prehliadačom a napojený na internetovú sieť.



Obr. 159 Zoznam internetových odkazov

## 5 Záver

Hlavným cieľom učebných textov „Montáž v automobilovej výrobe“ je aktualizovať, doplniť a rozšíriť existujúce učebné texty v predmetnej oblasti o nové poznatky a skúsenosti jeho autorov v súlade so súčasnými potrebami a metodikou výučby.

Okrem teoretických poznatkov z technológie montáže, ich súčasťou sú názorné ilustrácie, poskytujúce študentom možnosť získať základnú vedomostnú orientáciu v tejto oblasti.

Rozsiahle odkazy na výrobcov jednotlivých technických zariadení ako aj výrobcov automobilov vytvárajú vhodné informačné zázemie pre podrobnejšie štúdium a samoštúdium.

Texty sú doplnené prezentáciami a videami, ktoré názorne ilustrujú preberanú problematiku. Zámerom do budúcnosti je pravidelná aktualizácia teoretických poznatkov ako aj ostatných informácií v súlade s trendmi vývoja výroby komponentov automobilovej výroby a ich montáže.

*Poznámka autorov.*

*Videa a ilustrácie, ktoré sú súčasťou týchto učebných textov boli prevzaté z voľne dostupných www zdrojov, resp. boli vytvorené vo vlastnej réžii autorov týchto textov.*

## Zoznam použitej literatúry

1. ALTRATEC Montagesysteme, GmbH, dostupné na internete: <[www.altratec.net](http://www.altratec.net)>
2. ANDREASEN, M.M., KAHLER, S., LUND, T.: Montagegerechte Konstruieren. Berlin, Springer Verlag, 1985. 191 s. ISBN 3-540-15434-5
3. AUTIS MASCHINENBAU GmbH: dostupné na internete: <<http://www.autis.de/>>
4. BOSCH REXROTH AG, dostupné na internete: <[www.boschrexroth.com](http://www.boschrexroth.com)>
5. BOOTHROYD DEWHURST, INC., dostupné na internete: <<http://www.dfma.com/>>
6. BOTT GmbH dostupné na internete:<[www.bott.de](http://www.bott.de)>
7. BUTALA, P., GREGS, H., J., KLEINE J., WINGEN S.: EURAS . Final Presentation, Lipsko, 2001
8. DASSAULT SYSTÈMES HQ., dostupné na internete: <<http://www.3ds.com/>>
9. DEUTSCHE MTM-VEREINIGUNG E.V., dostupné na internete: <<https://www.dmtm.com/index/index.php>>
10. DOSTÁL, V.: Využití hodnotového inženýrství při zpracování součástí z hlediska technologičnosti. In.: Progresívne metódy technologickeho konštrukcie, DT ČSVTS Plzeň, 1987
11. ESKILANDER, S. : Design for automatic assembly, Royal institute of technology, Štokholm 2001, ISSN 1650-1888
12. FABIAN, M., SPIŠÁK, E.: Navrhování a výroba s pomocí CA.. technologií, 1. vyd., CCB Brno 2009,. ISBN 978-80-85825-65-7.
13. FEDORKO, G., MADÁČ, K., MOLNÁR V.: Základy aplikácie Pro/Engineer v technickej konštrukcii, 2. vyd. TU Košice, 2005. - 87 s. - ISBN 80-8073-288-4.
14. FESTO AG & CO. KG, dostupné na internete: <<http://www.festo.com/net/startpage/>>
15. FMSsoft [softvér], Bosch Rexroth AG, Linear motion and assembly technologies, dostupné na internete <[www.boschrexroth.com](http://www.boschrexroth.com)>
16. FRAUNHOFER INŠTITÚT (IPA) ŠTUTT GART, dostupné na internete <[www.ipa.fhg.de](http://www.ipa.fhg.de)>
17. GREGOR, M. et al.: Digitálny podnik. Slovenské centrum produktivity, Žilina, 2006. 148 s. ISBN 80-969391-5-7.
18. HESSE, S.: Montagemaschinen. Grundlagen und Prinzipien in Aufbau, Funktion, Antrieb und Steuerung montierenden Maschinen, Vogel, Würzburg, 1993, ISBN 3-8023-1405-0
19. HESSE S.: Rationalisierung der Kleinteilezuführung, Festo AG & Co, 2000, s.122
20. HESSE, S.: 99 Beispiele für pneumatic Einrichtungen, Festo AG & Co, 2000
21. HESSE. S.: Einlegeeinrichtungen, Festo AG & Co, 2000
22. HOLLE, W.: Rechnerunterstützte Montageplanung: Montageplanung und Simultaneous Engineering, Hanser, Mníchov, 2002 , ISBN 978-3446219861

23. IHME, J.: Logistik im Automobilbau, Hanser Mníchov, Viedeň, 2006, ISBN 3-446-40221-7
24. INDUSTRIE ANZEIGER, dostupné na internete: <[www.industrieanzeiger.de](http://www.industrieanzeiger.de)>
25. INSTITUT FÜR ARBEITSWISSENSCHAFT, TU Darmstadt, dostupné na internete:  
<[http://www.arbeitswissenschaft.de/website/homepage/uebersicht/startseite\\_26/de/de\\_startseite\\_univer\\_1.php](http://www.arbeitswissenschaft.de/website/homepage/uebersicht/startseite_26/de/de_startseite_univer_1.php)>
26. KERSTEN W., MEYER CH.M., HOHLRATH P.: Komplexitäts- und Risikoaspekte in der Supply Chain- Gestaltung der Komplexität, Prednáška, Hamburg School of Logistics, 2006
27. KIA MOTORS SLOVAKIA, dostupné na internete <[www.kia.sk](http://www.kia.sk)>
28. KONOLD, P., REGER, H., HESSE, S.: Applied assembly technology, Vierweg –Verlag, Viedeň, 1996, s. 164, ISBN 3-528-038428
29. KOVÁČ J., SVOBODA M., LÍŠKA O.: Automatizovaná a pružná montáž, TU v Košiciach, 2000, ISBN 80-7099-504-1
30. KUKA Roboter GmbH, dostupné na internete: <[www.kuka.com](http://www.kuka.com)>
31. LEŠKOVÁ, J., SENDERSKÁ, K.: Databáza technických prostriedkov pre ručnú montáž In: Transfer inovácií : špecializovaná publikácia / vedecko-technické výstupy grantových úloh. Košice: TU-SjF, 2004. č. 7 (2004), s. 54-57. ISBN 80-80-73-222-1
32. LOTTER, B., WIENDAHL, H.P.: Montage in der industriellen Produktion, Springer, Berlin Heidelberg, New York, 2006, s.531, ISBN 13978-3-540-21413-7
33. Lotter B.: Manufacturing Assembly Handbook, Festo AG & Co, 2000, s.97
34. MARTINEK, R.: Senzory v průmyslové praxi, Technická literatúra BEN Praha 2004, ISBN 80-7300-114-4
35. MAUNE G.: Möglichkeiten des Komplexitätsmanagements für Automobilhersteller auf Basis IT -gestützter durchgängiger Systeme, Dizertačná práca, FhG ALB - Universität Paderborn, Paderborn 2002, s. 303
36. MOLNÁR, V., FEDORKO, G.: Catia - základy projektovania 2. Košice : FBERG TU v Košiciach, 2007. 106 s. ISBN 978-80-8073-804-4
37. MONKOVÁ, K., MONKA P.: Kreovanie 3D modelov digitalizáciou z reálnych plôch súčiastok In: Výrobné inžinierstvo. - ISSN 1335-7972. - roč. 4, č. 3 (2005), s. 42-44.
38. MPScalc V 4.0,[softvér], Bosch Rexroth AG, Linear motion and assembly technologies, 2009, dostupné na internete [www.boschrexroth.com](http://www.boschrexroth.com)
39. MTpro [softvér], Bosch Rexroth AG, Linear motion and assembly technologies, dostupné na internete <[www.boschrexroth.com](http://www.boschrexroth.com)>
40. NOF., S.,Y., WILHELM, W.E., WARNECKE H.: Industrial Assembly, Chapman and Hall, Londýn, 1997, ISBN 978-0412557705
41. PSA PEUGEOT CITROËN, dostupné na internete: <[http://www.psa-peugeot-citroen.com/en/fonctionnelle/player\\_trnava.php](http://www.psa-peugeot-citroen.com/en/fonctionnelle/player_trnava.php)>
42. REFA: Methodenlehre des Arbeitsstudiums, diel 3: Kostenrechnung, Arbeitsgestaltung, Hanser, Mníchov 1978
43. RICHTER E., SCHILLIG W., WEISE M.: Montage im Maschinenbau, VEB Verlag Berlín,1974

44. RICHTER E., SCHILLIG W., WEISE M.: Tabellenbuch Montage, VEB Verlag, Berlín, 1984
45. RUDY V., SENDERSKÁ K.: Pohony automobilov a ich komponenty, SjF TU Košice, 2007, 1 elektronický optický disk (CD-ROM), ISBN 978-80-8073-833-4
46. SDRUŽENÍ MTM PRO ČESKOU REPUBLIKU A SLOVENSKOU REPUBLIKU, dostupné na internete: <<http://www.czechmtm.cz/>>
47. SENDERSKÁ, K.: Technické prostriedky pre ručnú montáž: Montážne stoly a ich komponenty: Učebný text. Košice: TU, 2004. 1 elektronický optický disk (CD-ROM). ISBN 80-8073-090-3.
48. SHIMOKAWA K., JÜRGENS U., FUJIMOTO T.: Transforming automobile assembly : experience in automation and work organization Springer, 1997, ISBN 3-540-60506-1
49. SCHIMKE, E.F.: Montageplanung : Methoden, Fallbeispiele, Paxiserfahrung, VDI-Verlag, Düsseldorf, 1991
50. SINERGO ELECTRONIC ENGINEERING, dostupné na internete <[http://www.sinergo.net/Website\\_2007/German/automation.xml](http://www.sinergo.net/Website_2007/German/automation.xml)>
51. SKARBINSKI, M., SKARBINSKI J.: Technologickosť konštrukcie strojov. Alfa Bratislava, 1982
52. SOLME GmbH.: dostupné na internete <http://www.solme.de/se.html>
53. SPIŠÁK, E., FABIAN, M.: Strojárske technológie s CAx podporou, 1. vyd, elfa, Košice, 2010, ISBN 9788080861360
54. VALENTOVIČ, E.: Technológia montáže, MtF STU Bratislava, 1999
55. VALENTOVIČ, E.: Technológia montáže, MtF STU Bratislava, 2001, ISBN 80-227-1464-X
56. VELÍŠEK, K.: Montážne stroje a zariadenia, Slovenská technická univerzita, Bratislava, 2005, ISBN 80-227-2187-5.
57. VOLKSWAGEN AG: dostupné na internete: <<http://www.volkswagen.de/de.html>>
58. WALTHER, J.: Montage grosvolumiger Produkte mit Industrierobotern. Berlin: Springer Verlag, 1985. 125 s. ISBN 3-540-16027-2
59. WARNECKE, H.J.: Systematische Strukturplanung automatischer Montagesysteme für die Mittel-bis Großserienproduktion, IPA, Stuttgart, 1979
60. WEBER Schraubautomaten GmbH, dostupné na internete:<<http://www.weber-online.com/>>
61. WEISS GmbH SONDERMASCHINENTECHNIK, dostupné na internete: <<http://www.weiss-international.com>>
62. WHITNEY, D.E.: Mechanical Assemblies. Oxford University Press, New York, 2004, ISBN 0-19-515782-6
63. WIENDAHL, H.P., GERST, D., KEUNECKE, L.: Variantenbeherrschung in der Montage, Springer-Verlag Berlin, Heidelberg, New York, 2004, s. 329. ISBN 3-540-14042-5.
64. WEBER SCHRAUBAUTOMATEN GmbH: dostupné na internete: <<http://www.weber-online.com/de/>>
65. ZIELE, U.: Montagestrukturplanung für varientenreiche Serienprodukte, Springer, Berlín, 1994, ISBN 3-540-58937-6