

Tecnomatix Jack 7.0

Software pro ergonomii v praxi

Martin Baumruk

martin.baumruk@siemens.com

Ověření montáže – proveditelnost a ergonomie manuálních operací

DIGITAL MANUFACTURING



Assembly
Planning &
Validation



Plant Design
&
Logistics
Optimization



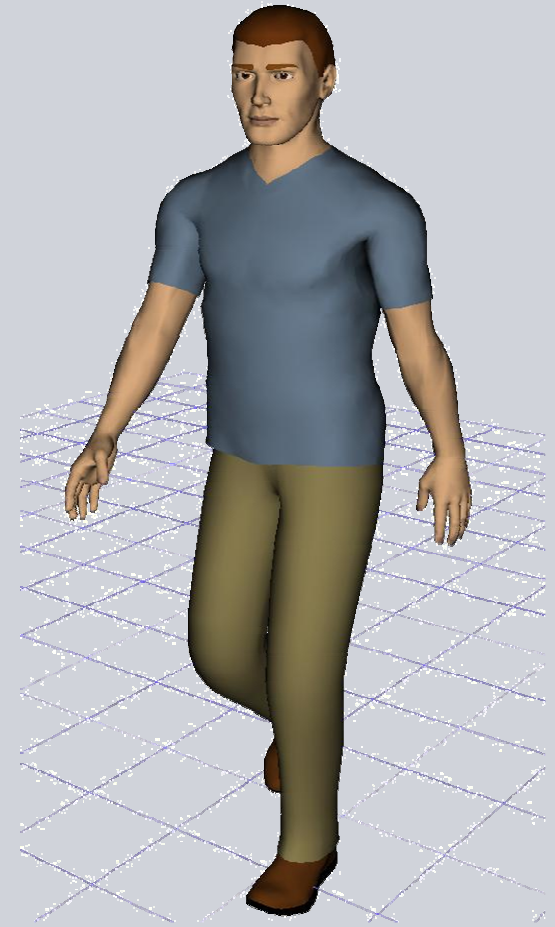
Quality
Management



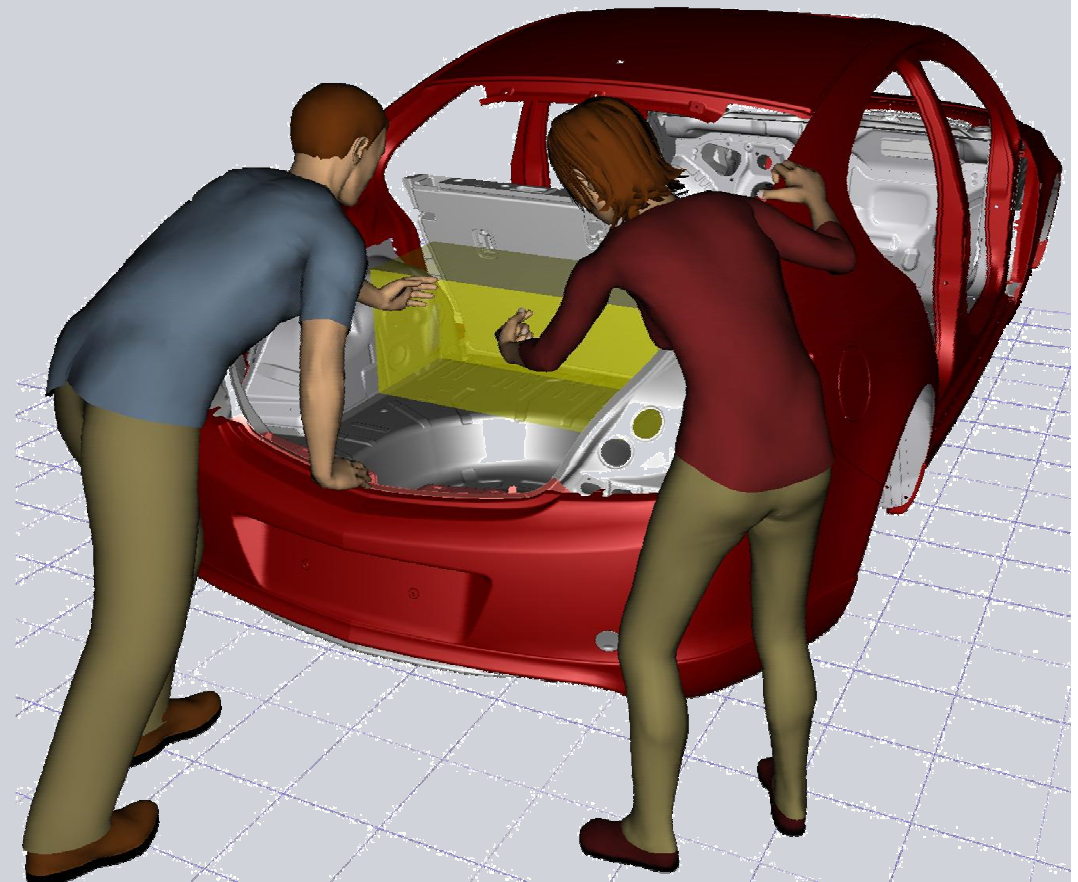
Production
Management



Manufacturing Process Management (Teamcenter)

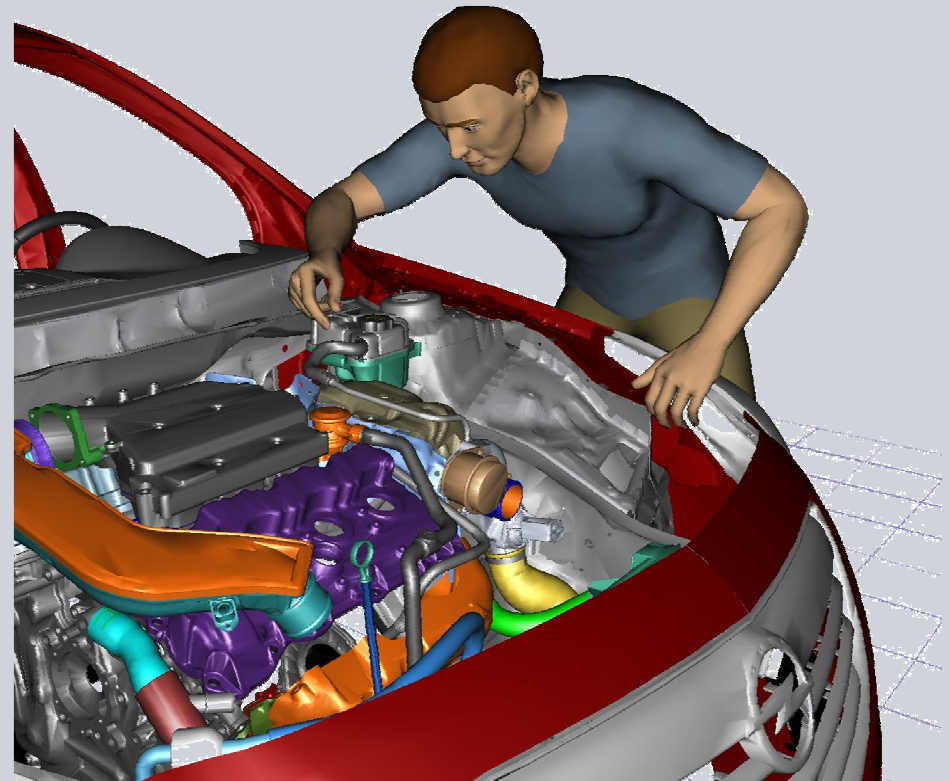


Proč pro-aktivní ergonomie?



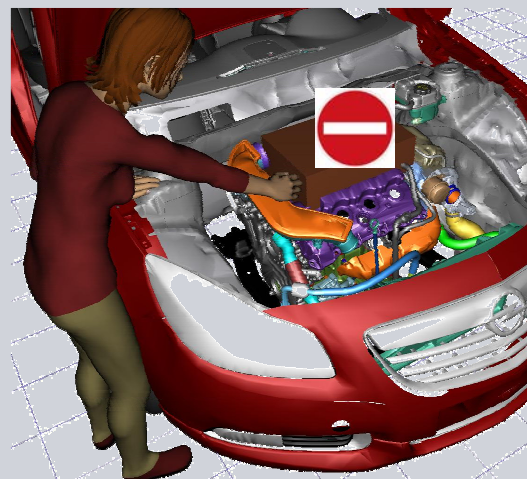
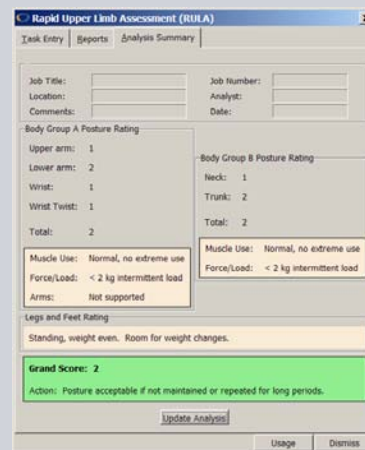
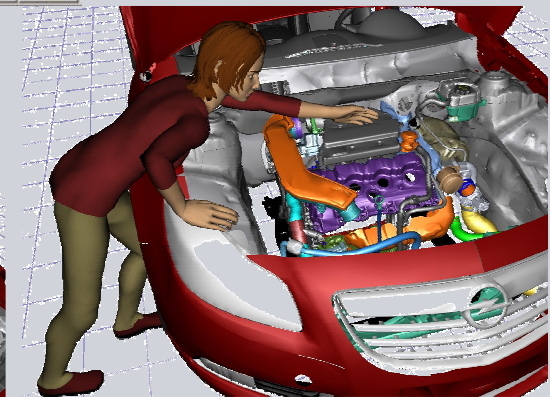
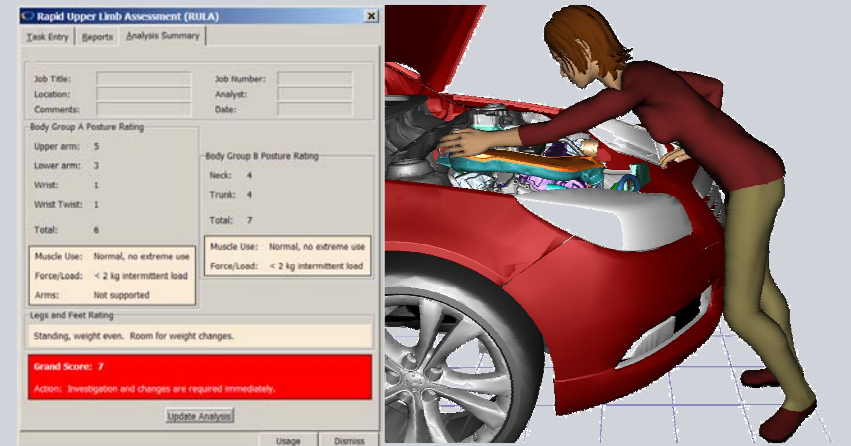
Proč pro-aktivní ergonomie?

- Díky digitální simulaci všichni kdo spolupracují na vývoji produktu a výrobního procesu si mohou vizualizovat působení budoucích pracovníků, vyhodnotit proveditelnost operací a ergonomii pracoviště.



Proč pro-aktivní ergonomie?

- Simulace umožní porovnat různé varianty a najít nejlepší řešení.
- Klíčová návrhová rozhodnutí mohou být provedena a schválena včas a na základě širšího porozumění a omezí se tak řada zbytečných kroků, které by se objevily až později ve vývoji.



Pro-aktivní přístup k ergonomii – simulace lidského faktoru

Problémům se snažím předejít, místo abychom řešili jejich následky.

- Interakce člověka a stroje vyhodnotíme pomocí simulace v 3D CAD modelu.
- Funkční a ergonomické chyby objevíme v samém počátku vývoje.
- Změny v digitálním prostředí CADu jsou mnohem méně nákladné a časově náročné než změny na hotovém produktu.



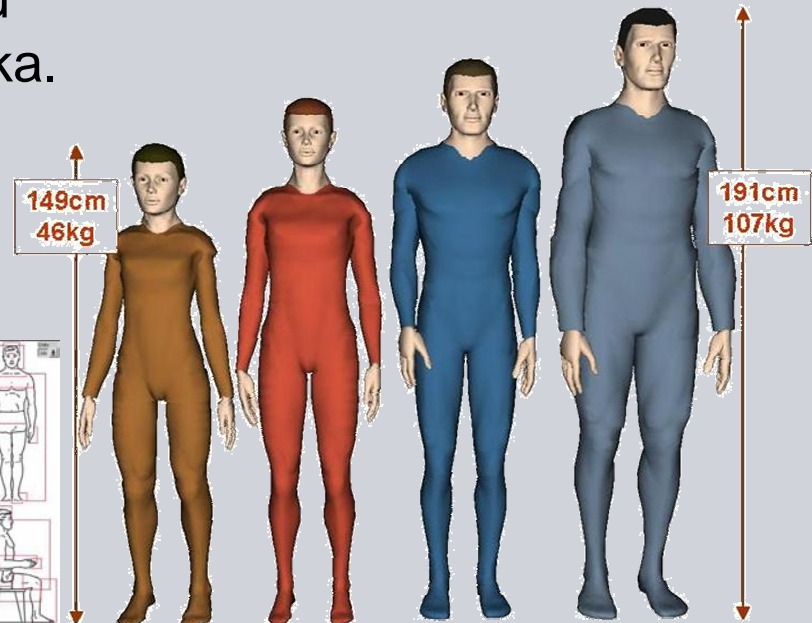
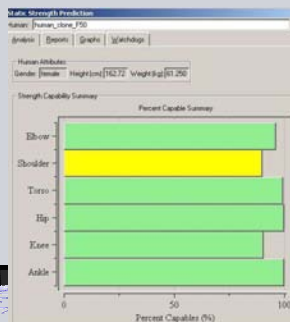
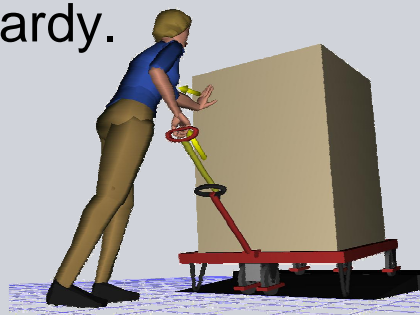
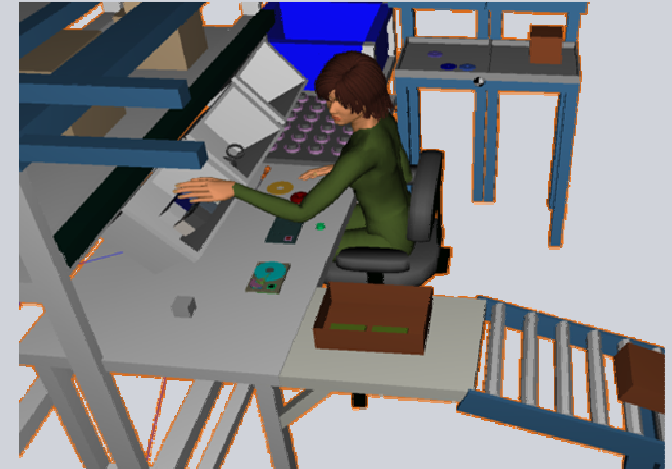
Co je Tecnomatix Jack?

Virtuální lidé, Virtuální prostředí, Reálné řešení

- Jack/Jill je biomechanicky přesný digitální model člověka s reálným fyziologickým rozsahem pohybů kloubů a antropometrií.
- Jack umožňuje rychlé vytváření simulace pohybů.
- Pomocí databáze populačních průzkumů definujeme velikost a tvar modelu pracovníka.
- Podrobné nástroje pro analýzu výkonů, zatížení a porovnání s ergonomickými standardy.



Video Clip

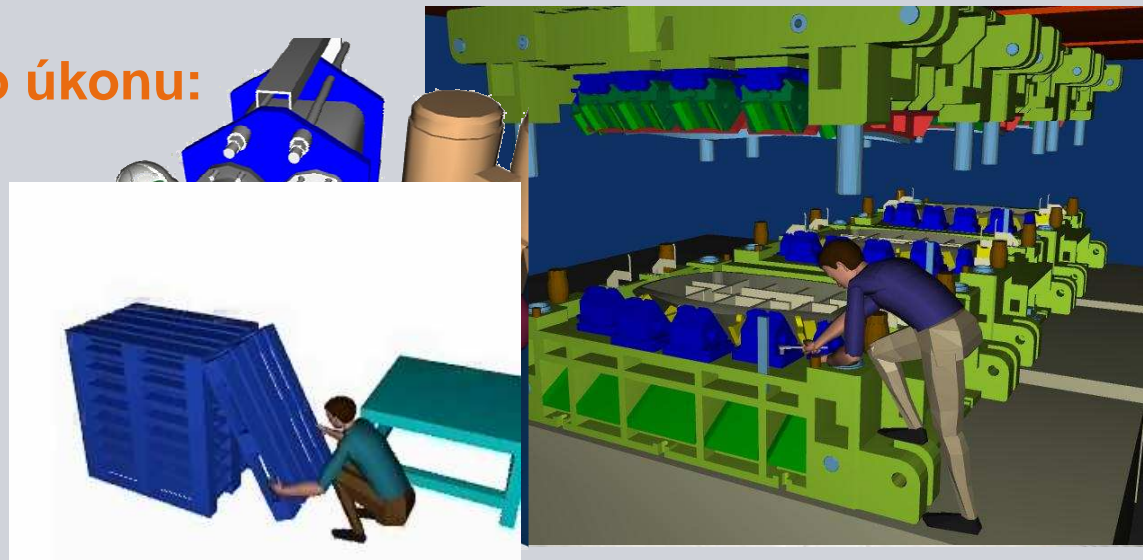


Jack v práci

- ▶ **Digitální model prostředí**
 - V Jackovi, knihovna základních objektů.
 - Import z CAD.
 - Teamcenter, Process Designer, FCAD,...

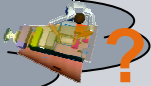
- ▶ **Model člověka, antropometrie**
 - Vložíme model člověka, určíme jeho velikost - cílový rozsah populace.

- ▶ **Simulace pracovního úkonu:**
 - Staticky
 - Animace operací



Analýza proveditelnosti a ergonomie manuálních operací

Je pracovní operace takto proveditelná?



Technologie

- 3D layout
- Dosahy
- Prostor
- Viditelnost

Čas, stihne se to v taktu?

- MTM analýza



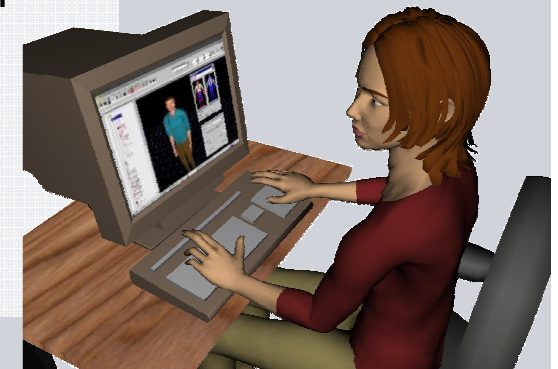
Průmyslové inženýrství

Bezpečnostní rizika?



BOZP

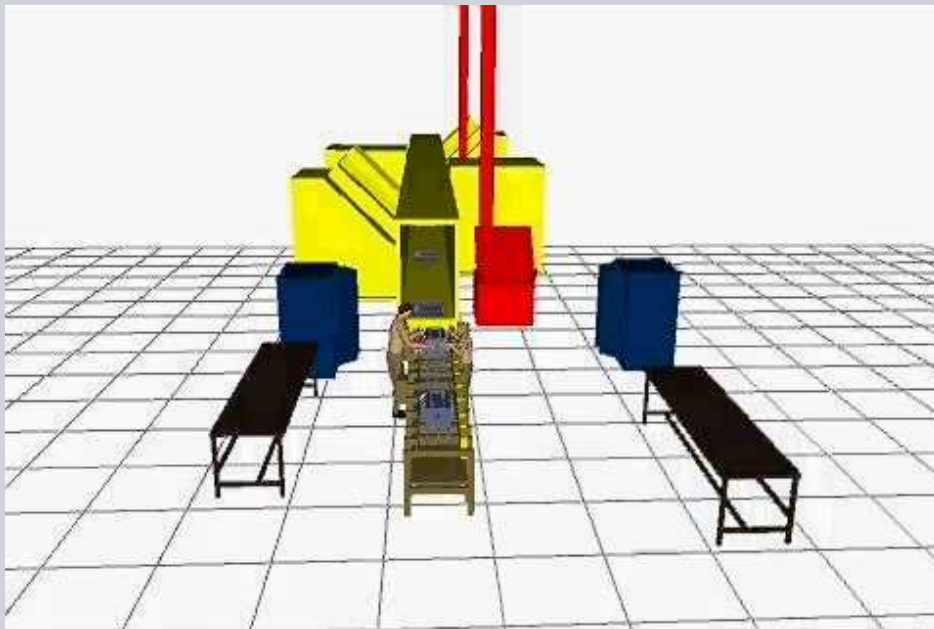
- Je pracovní poloha ergonomicky přijatelná?
- Síly a zatížení?
- Manipulace s břemeny?
- Zatížení rukou při opakovaných úkonech
- Je pracoviště v souladu s legislativou a podnikovými ergo. standardy?
(NV 361/2007 Sb., EAWS, OWAS, RULA, Low Back, EU 89/391/EEC, 98/37/EC, ČSN EN 1005, Force Solver, ...)



Simulace

Je poloha pracovníka ergonomicky přijatelná?

- ▶ Přizpůsobení pracoviště pro rozsah velikostí osob v populaci (montážní výšky).

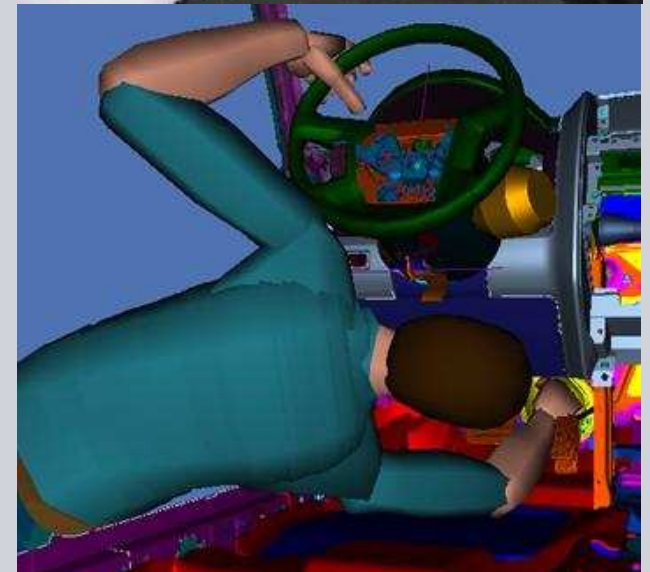
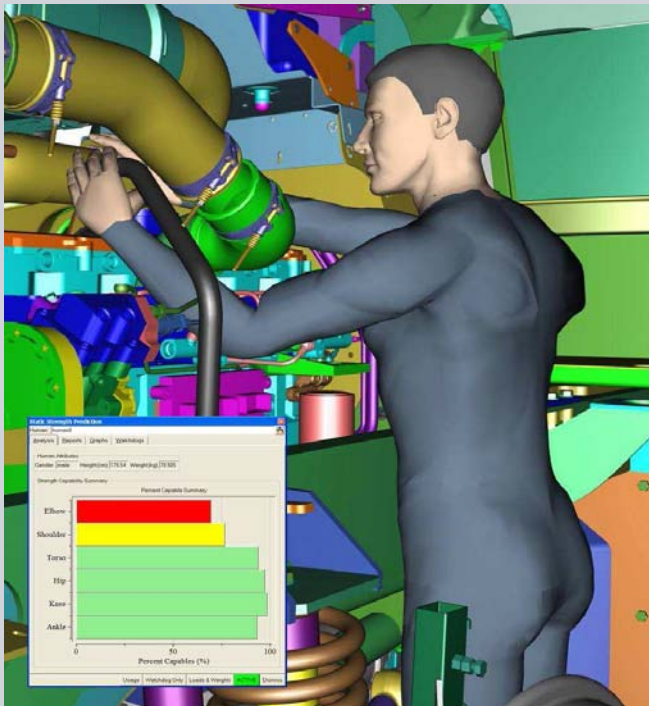


Je v dispozici dostatek prostoru?

- ▶ Prostor (pro ruce, nástroje, tělo), kolize.

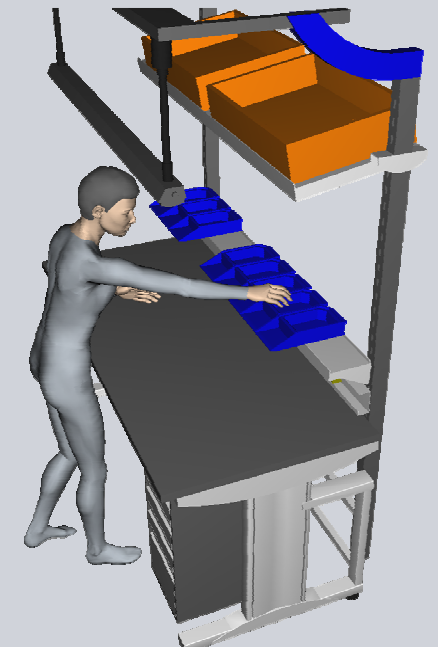
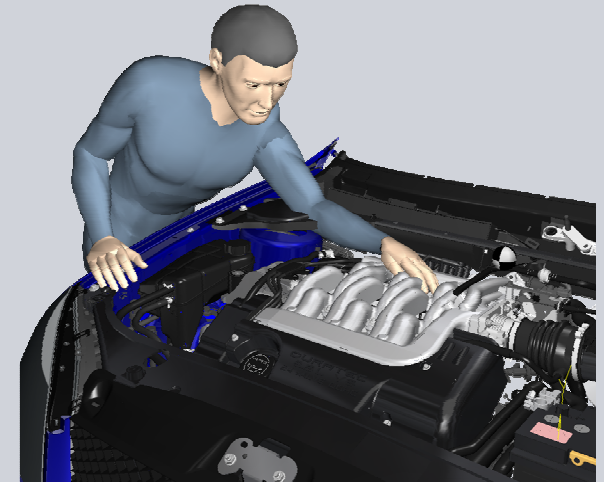
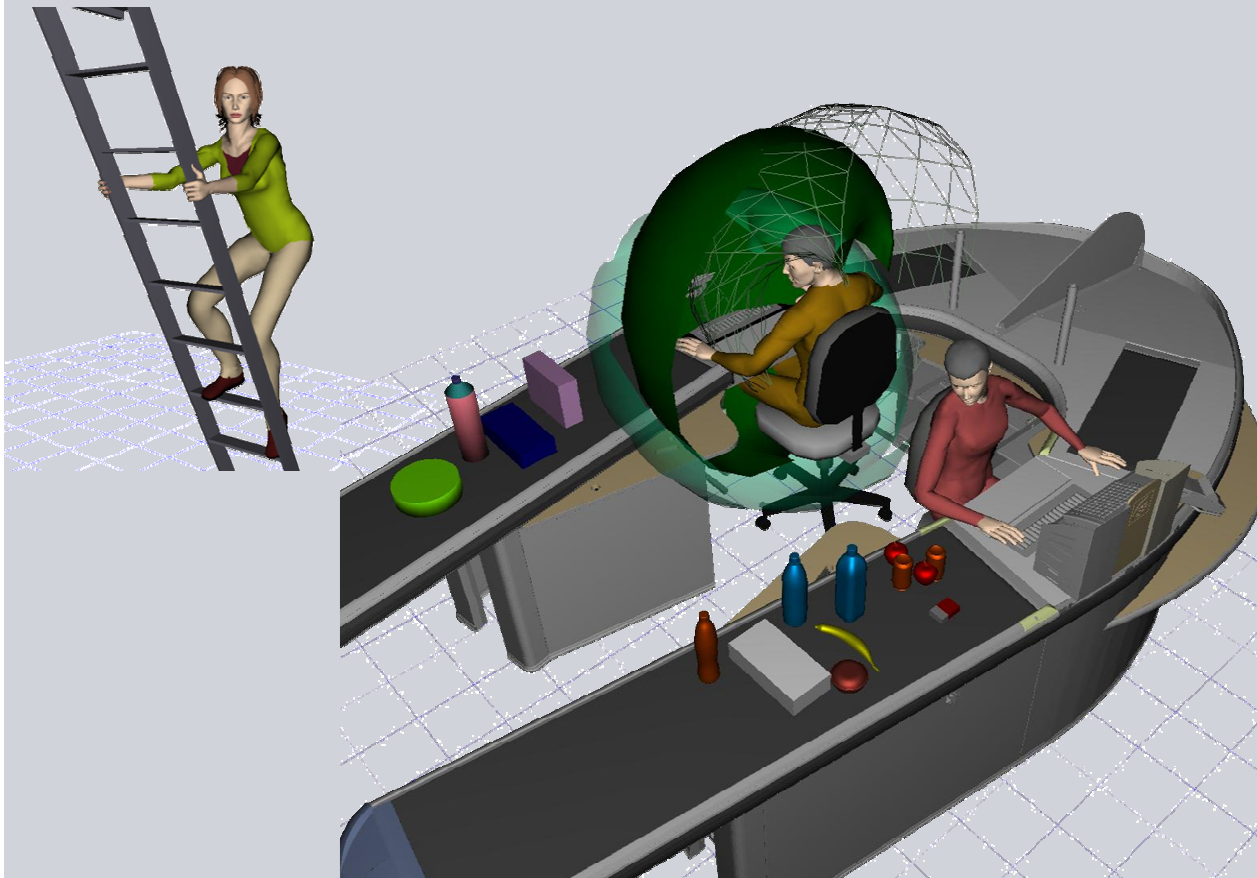


Video Clip



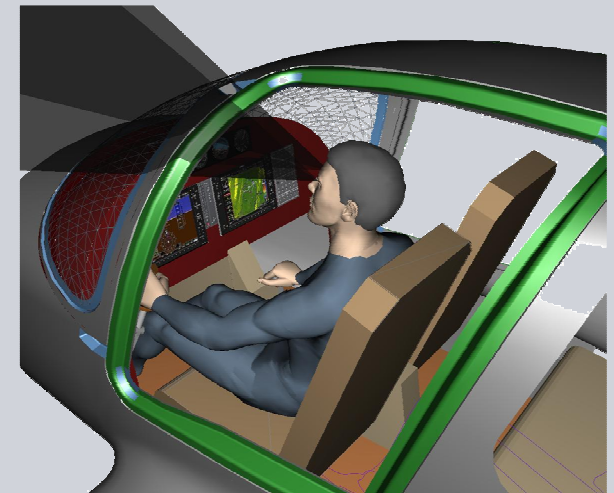
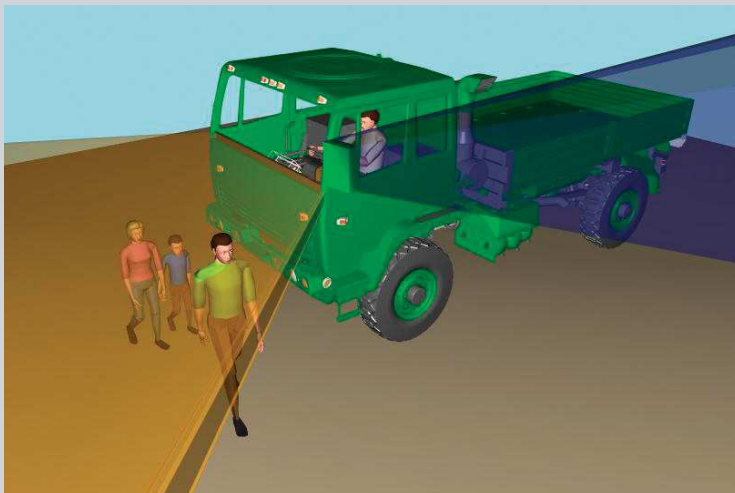
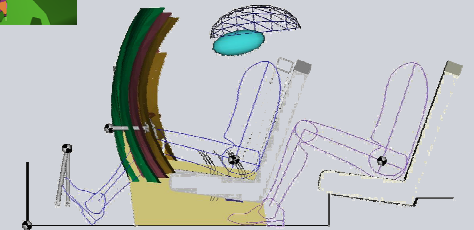
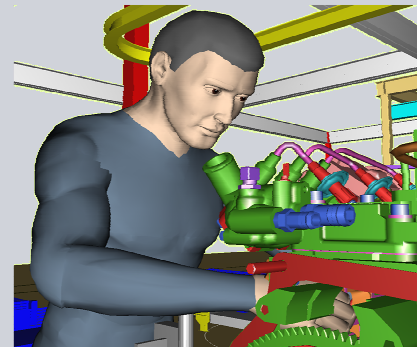
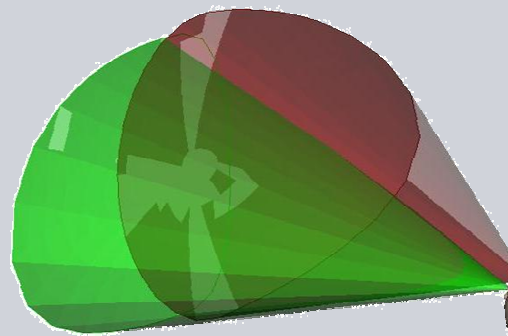
Kam pracovníci dosáhnou?

- ▶ Obálky dosahů pro různě velké pracovníky.
- ▶ Optimalizace rozložení pracoviště.



Co různí lidé uvidí/neuvidí?

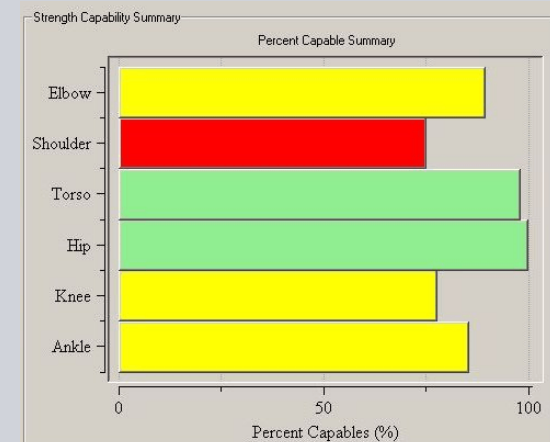
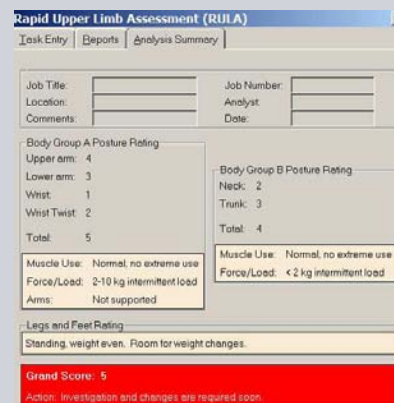
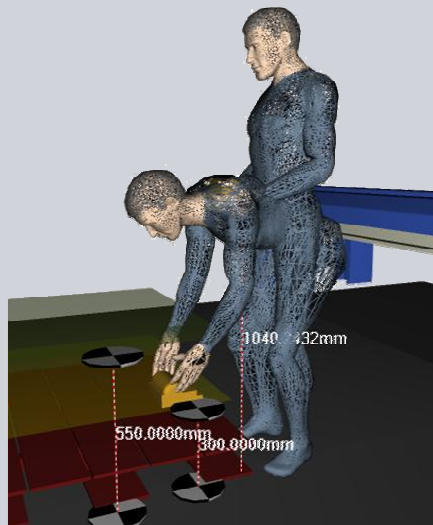
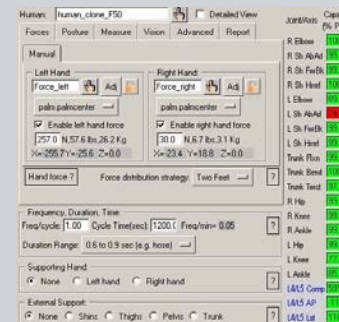
- ▶ Bezpečnost
- ▶ Polohy
- ▶ Produktivita
- ▶ Kvalita



TAT - ergonomické analýzy, standardy a legislativa

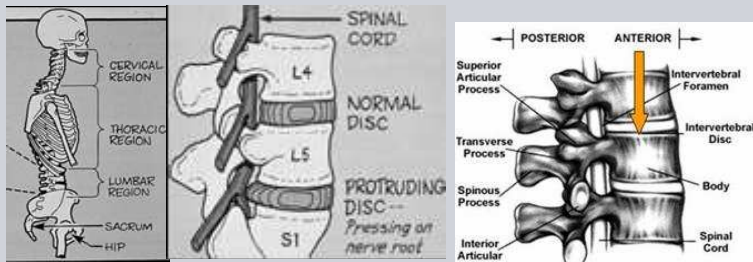
► Je pracoviště v souladu s ergonomickými standardy a legislativou (361/2007sb.,EAWS,..)?

- Low Back Analysis
- NIOSH lifting (ČSN EN 1005-2)
- Static Strength Prediction.
- Fatigue Analysis
- Manual Material Handling Limit (Liberty Mutual)
- Metabolic Energy Expenditure
- OWAS
- RULA
- MTM-1



Podrobné ergonomické analýzy, TAT (Task Analysis Toolkit)

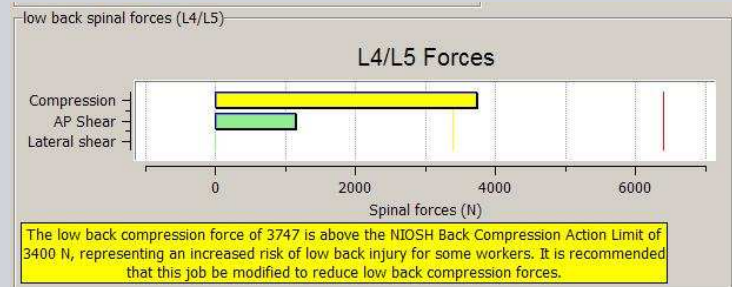
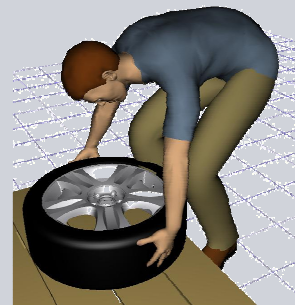
► Low Back Analysis



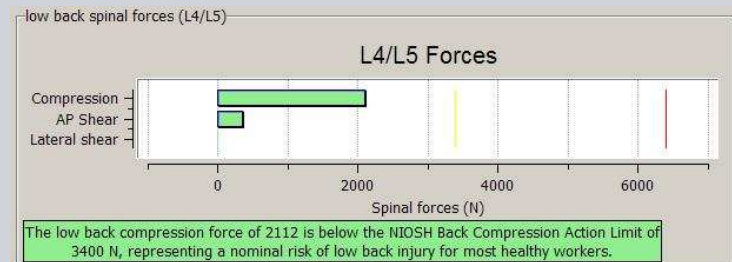
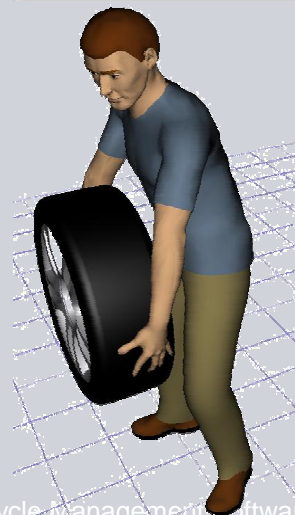
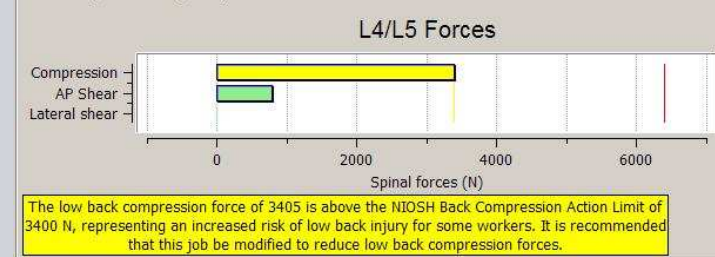
3400N (Low Back Compression Action Design limit).

6400N (NIOSH Back Compression Maximum Limit)

1000N (L4/L5 Disc Shear, A/P Shear, Lateral Shear)



low back spinal forces (L4/L5)



Podrobné ergonomické analýzy, TAT

► RULA, OWAS

Státní zdravotní ústav
Centrum pracovního lékařství



Metodický materiál

Národního referenčního pracoviště pro fyziologii a psychofyziologii práce

Ergonomické checklisty a nové metody práce při hodnocení ergonomických rizik

4.1 Metoda RULA (Rapid Upper Limb Assessment)

RULA = metoda určená převážně pro hodnocení rizika poškození horních končetin. Tato metoda však zahrnuje hodnocení poloh nejen u horních končetin (paží, předloktí a zápěstí), ale také krku, trupu a nohou.

U jednotlivých částí těla je popsána tzv. základní poloha (flexe, extenze) ke stanovení tzv. základního skóre. Dále jsou uvedeny popisy poloh pro získání dodatečných bodů, tzv. proměnlivého skóre a maximálního možného skóre, kterého je možné u jednotlivých částí dosáhnout. V hodnocení je rovněž zahrnuta skóre silové – zátěžové zohledňující sílu a zátěž vynakládanou při práci, popř. časové hledisko při práci se zobrazovací jednotkou, a skóre udržované u svalů zahrnující vliv převážně statické polohy při práci.

Výsledné hodnocení spočívá v odečtu hodnoty celkového skóre, ve kterém jsou zahrnuty všechny parametry upravené do 3 tabulek – A, B a C:

- Skóre polohy horní končetiny (zápěstí, paže, předloktí) – tabulka A
- Skóre postavení krku, trupu a nohou – tabulka B
- Skóre C = skóre tabulky A + skóre svalové + skóre silové – zátěžové
- Skóre D = skóre tabulky B + skóre svalové + skóre silové – zátěžové
- Celkové skóre = skóre C + skóre D – tabulka C

MUDr. Jana Hlávková
Mgr. Alena Valečková

Hodnocení rizika poškození horních končetin				
Pracovník:	Datum/čas:	Provedl:		
Pravá strana:				
Pravá RUKA				
Pravá RUKA				
Pravé předloktí				



Rapid Upper Limb Assessment (RULA)

Task Entry | Reports | Analysis Summary

Job Title: [] Job Number: []
Location: [] Analyst: []
Comments: [] Date: []

Body Group A Posture Rating

Upper arm: 2
Lower arm: 3
Wrist: 2
Wrist Twist: 1
Total: 4

Body Group B Posture Rating

Neck: 6
Trunk: 4
Total: 8

Muscle Use: Normal, no extreme use
Force/Load: < 2 kg intermittent load
Arms: Not supported

Legs and Feet Rating

Seated, Legs and feet well supported. Weight even.

Grand Score: 6

Action: Investigation and changes are required soon.

Update Analysis

Usage | Dismiss

Rapid Upper Limb Assessment (RULA)

Task Entry | Reports | Analysis Summary

Job Title: [] Job Number: []
Location: [] Analyst: []
Comments: [] Date: []

Body Group A Posture Rating

Upper arm: 2
Lower arm: 3
Wrist: 3
Wrist Twist: 2
Total: 4

Body Group B Posture Rating

Neck: 3
Trunk: 3
Total: 4

Muscle Use: Normal, no extreme use
Force/Load: < 2 kg intermittent load
Arms: Not supported

Legs and Feet Rating

Seated, Legs and feet well supported. Weight even.

Grand Score: 4

Action: Further investigation needed. Changes may be required.

Update Analysis

Usage | Dismiss

Podrobné ergonomické analýzy, TAT

► NIOSH lifting

$$RWL = LC * HM * VM * DM * AM * FM * CM$$

$$LI = \frac{L}{RWL}$$

Dle ČSN EN 1005-2

(Bezpečnost strojních zařízení 2002):

$LI \leq 0.85$

Riziko lze považovat za přijatelné.

$0.85 < LI < 1$

Existuje významné riziko.

$LI > 1$

Je nutné přepracování stroje/operace.

Dle NIOSH:

$LI > 1$ Znamená zvýšené riziko poškození muskuloskeletárního systému a vzniku bolesti zad u jisté části pracovní populace. Je nutná modifikace pracoviště.

$LI > 3$ Téměř všichni pracovníci z populace budou vystaveny riziku poškození.

Task Descriptions

Task#	Description	Avg. Load	Max. Load	O.H.	O.V.	D.H.	D.V.	Dist	O.A.	D.A.	F	Dur.	coupling
1	kotouc	20	20	52.167	37.50	52.772	141.142	103.642	0	0	.2	1	fair

Summary

Task#	LC	HM	VM	DM	AM	CM	FM	FIRWL	STRWL	FIL	STLI
1	23	0.47	0.80	0.86	1.00	1.00	1.00	7.54	7.54	2.65	2.65

CLI: 2.650 RWL: 7.54

Action: The load wt. is greater than the recommended limit for this task. Some healthy workers would find this job physically stressful. The following modifications are suggested:

- HM: Bring the load closer to the worker.
- CM: Provide containers with handles or handfold cutouts.
- DM: Decrease the distance between the origin and destination of the lift.



Podrobné ergonomické analýzy, TAT

► Force Solver

ForceSolver

Human: human1

Ergonomic Analysis

Sort by: Joint Angle convention: Jack

Joint/Axis	% Capable	Use	Moment (Nm)	Muscle Effect	Angle (deg)	Strength Mean (Nm)	Strength Std Dev (Nm)
R Elbow	98.68	✓	-13.27	FLXN	8.39	31.86	8.37
L Elbow	99.57	✓	1.76	EXTN	25.58	11.78	3.81
R Sh AbAd	75.80	✓	-34.77	ABD	61.71	42.61	11.20
L Sh AbAd	98.86	✓	-13.65	ABD	160.00	34.01	8.94
R Sh FwBk	99.50	✓	-5.72	FWD	77.39	46.49	15.81
L Sh FwBk	99.61	✓	3.63	BKW	50.00	23.17	7.34
R Sh Hmrl	100.00	✓	-0.94	-	-42.36	25.38	6.62
L Sh Hmrl	99.93	✓	-2.65	LAT	-50.00	16.36	4.27
Trunk Flxn	98.19	✓	-39.39	FLXN	0.80	142.60	49.25
Trunk Bend	100.00	✓	-0.81	-	0.99	85.41	19.42
Trunk Twst	99.95	✓	0.15	-	0.18	51.22	15.52
R Hip	99.15	✓	-10.14	EXTN	1.60	103.74	39.21
L Hip	99.14	✓	-10.29	EXTN	1.60	103.74	39.21
R Knee	99.76	✓	-8.07	FLXN	10.18	84.01	26.97
L Knee	99.75	✓	-8.20	FLXN	10.18	84.01	26.97
R Ankle	99.75	✓	-21.80	EXTN	12.47	94.36	25.86
L Ankle	99.74	✓	-22.03	EXTN	12.47	94.36	25.86
Force (N)							
L4/L5 Comp	1035.9	✓					
L4/L5 AP	112.77	✓					
L4/L5 Lat	-3.16	✓					

Support

Force distribution strategy: two feet

Supporting Hand: none

External Support: none

Frequency and Duration

Use frequency/duration compensation

Frequency: 1.0 Cycle time (sec): 60.0

Freq/min: 1.0 Duration: 1 < 0.2 sec

Limits

Percent capable threshold: 75.0

L4/L5 Compression limit (N): 3400.0

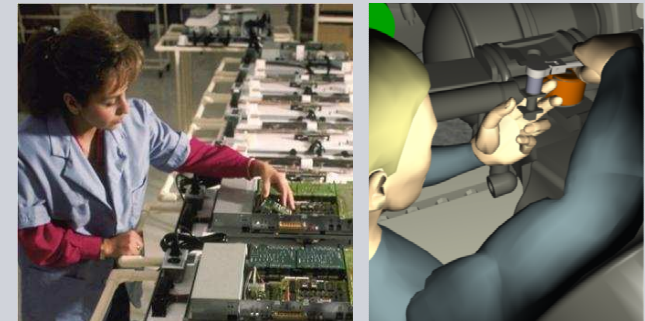
L4/L5 AP shear limit (N): 1000.0

L4/L5 Lateral shear limit (N): 1000.0

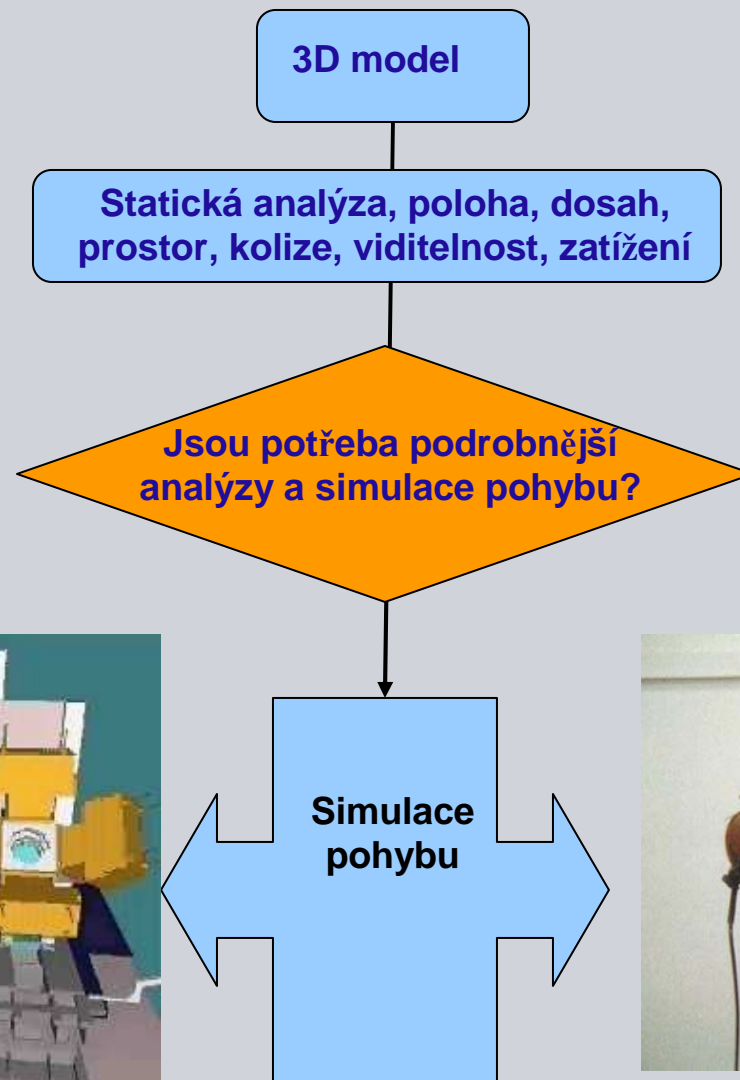
Solver

Solve Starting Load (N): 10.0 Maximum Load (N): 300.0

Usage Reset Dismiss



Simulace pracovní operace



Jack

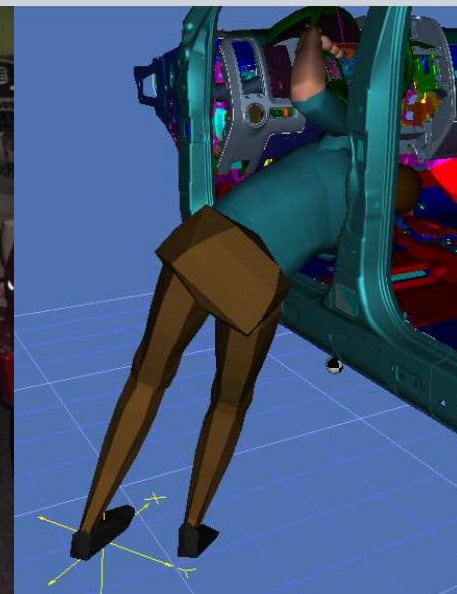


Jack + Motion Capture

MoCap - podpora nástrojů virtuální reality



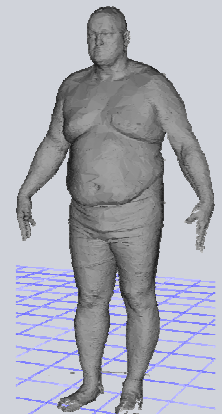
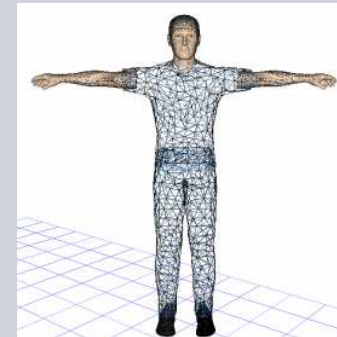
Video Clip



Novinky Jack 7.0

Antropometrie:

- Nový model člověka s oblečením a obuví.
- Vylepšený nástroj pro změnu velikosti modelu.
- Přidané databáze populace German (DIN 33402) a Indická populace.



Analýza síl a zatížení:

- Přidána analýza zatížení zápěstí.

ForceSolver

Human: human

Ergonomic Analysis

Sort by: Joint Angle convention: Jack

Joint/Axis	% Capable	Use	Moment (Nm)	Muscle Effect	Angle (deg)	Strength Mean (N)	Strength Std Dev (N)
R Wrist Flx	100	✓	-0.0	---	0.0	---	---
L Wrist Flx	80	✓	-2.0	FLXN	0.0	9.1	2.9
R Wrist Dev	75	✓	-6.6	RAD	0.0	11.0	3.5
L Wrist Dev	100	✓	0.2	---	0.0	---	---
R Wr SuPr	99	✓	-2.0	PRO	-0.0	12.1	4.3
L Wr SuPr	100	✓	0.0	---	-0.0	---	---
R Elbow	99	✓	150.1	FLXN	90.0	72.6	10.1
L Elbow	100	✓	0.2	---	0.0	---	---
R Sh AbAd	97	✓	48.9	ADD	0.0	115.8	36.3
L Sh AbAd	100	✓	2.1	ADD	0.0	106.9	33.5
R Sh FwBk	100	✓	9.4	BKW	0.0	73.1	21.3
L Sh FwBk	100	✓	0.1	---	0.0	---	---
R Sh Hmrl	100	✓	0.0	---	0.0	---	---
L Sh Hmrl	100	✓	0.0	---	0.0	---	---
Trunk Flx	100	✓	-35.0	FLXN	0.0	222.6	70.1
Trunk Bend	100	✓	-0.0	---	0.1	---	---
Trunk Twst	100	✓	0.0	---	0.0	---	---
R Hip	99	✓	-9.6	EXTN	6.3	196.1	78.7
L Hip	99	✓	-9.6	EXTN	6.3	196.1	78.7
R Knee	100	✓	6.9	EXTN	11.8	121.7	42.6
L Knee	100	✓	6.9	EXTN	11.8	121.6	42.6
R Ankle	100	✓	-6.0	EXTN	7.0	149.1	49.3
L Ankle	100	✓	-6.0	EXTN	7.0	149.1	49.3
Force (N)							

Limits

Percent capable threshold: 75.0

L4/L5 Compression limit (N): 3400.0

L4/L5 AP shear limit (N): 1000.0

L4/L5 Lateral shear limit (N): 1000.0

Solver

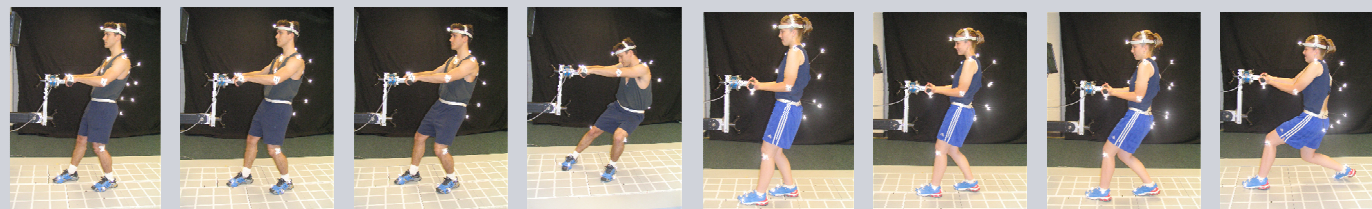
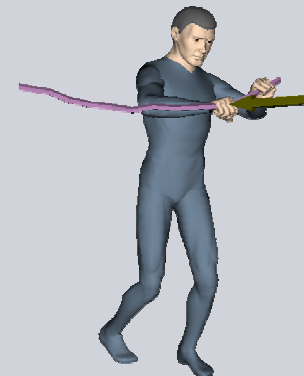
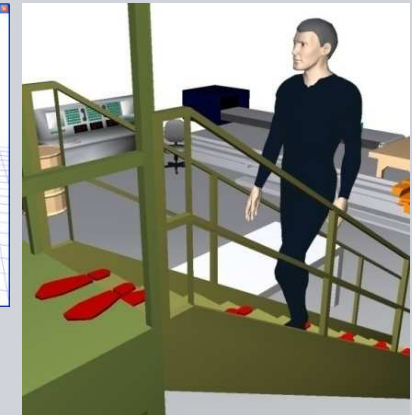
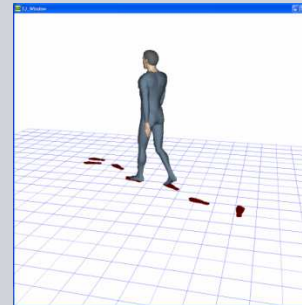
Solve Starting Load (N): 10.0 Maximum Load (N): 300.0

Usage Reset Dismiss

Novinky Jack 7.0

TSB:

- Optimalizace algoritmu chůze a chůze po schodech.
- Predikce polohy na základě působící síly.
- Podpora souběžných operací pro pravou a levou ruku.



25%

50%

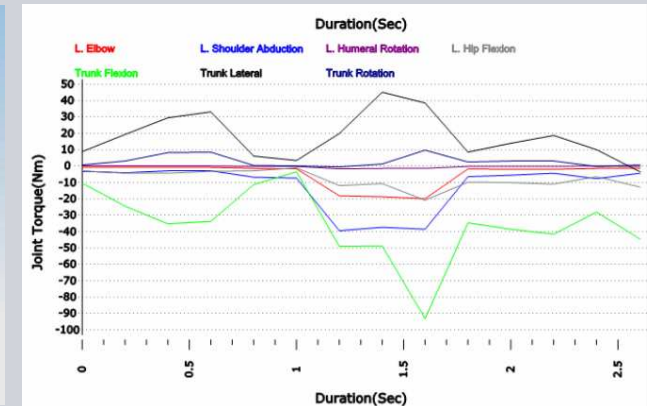
75%

Max

Novinky Jack 7.0

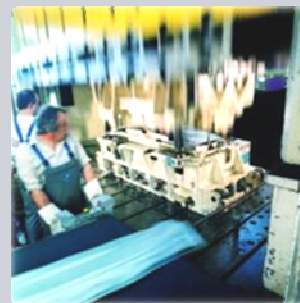
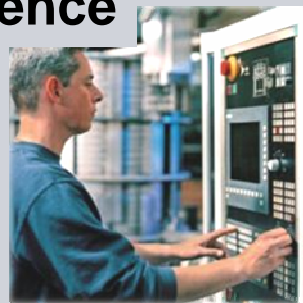
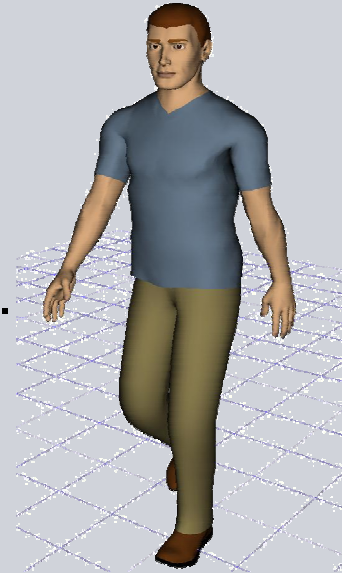
Ostatní:

- Export 3D layoutu pracoviště do jt formátu – možnost prohlížet, měřit, ... v jt2go .
- Podpora 64 bit
- Vylepšený export reportů
- Možnost připojení výstroje (např. baťoh, helma) přímo na body na kůži.
- ? Rozšíření komptability o další nástroje Motion Capture např. na základě Wii technologie pro trekování částí těla a inverzní kinematiku.



Shrnutí – cíle simulace ergonomie v Digitální továrně

- Zahrnout lidský faktor do plánování výroby dostatečně včas a důkladně.
 - Optimalizovat pracoviště z hlediska funkčnosti a ergonomie.
 - Zvýšit produktivitu.
 - Zkrátit čas testování reálného prototypu a čas záběhu výroby.
 - Minimalizovat přídavné náklady související s nevhodnou ergonomií.
- **Klíčová je prevence**



Děkuji za pozornost

Martin Baumruk
martin.baumruk@siemens.com