



Postup řešení úkolu:

Posuzování pracovní zátěže u
onemocnění bederní páteře pomocí
ergonomického software
Tecnomatix Jack

^{1,2}Ing. Petr Gad'ourek

¹MUDr. Jana Hlávková

¹Ing. Tomáš Lebeda

¹ Státní zdravotní ústav, Šrobárova 48, Praha 10, ČR

² GETA Centrum s.r.o., Praha, ČR

Řešeno s podporou grantu IGA MZ NT/14471-3

Grant IGA MZ NT/14471-3

Název grantu IGA MZ NT/14471-3:

Vývoj metody ke kvantitativnímu hodnocení podílu rizikových faktorů práce na etiologii chronických onemocnění bederní páteře a formulace klinických a hygienických kritérií pro posuzování těchto onemocnění jako nemoci z povolání.

Cíl projektu:

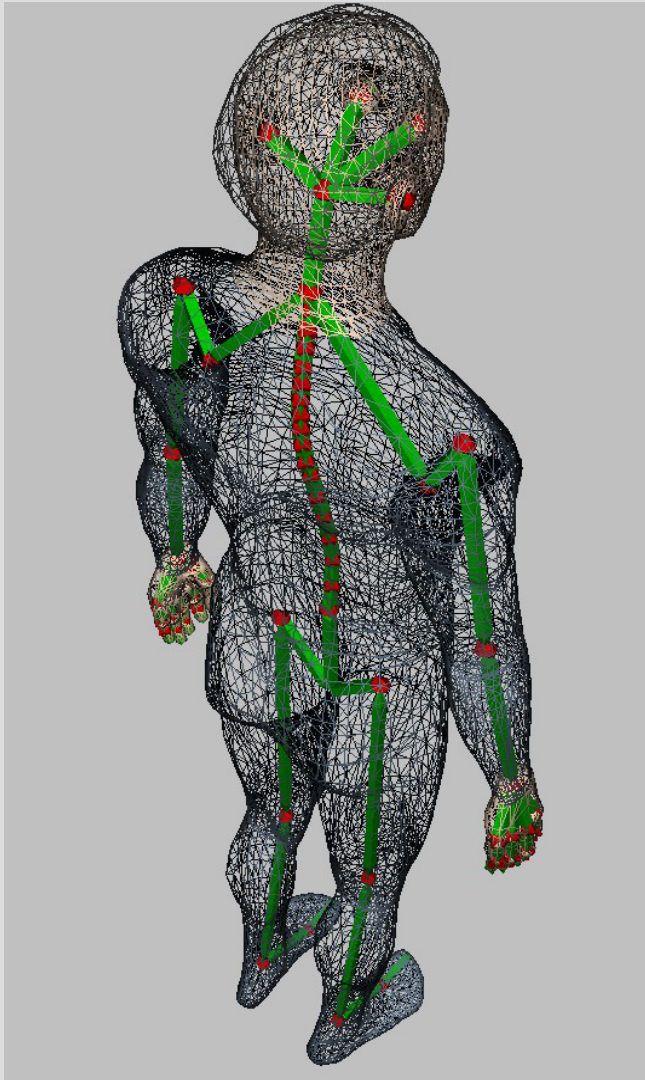
Vývoj standardní metodiky pro hodnocení rizikových faktorů práce, formulace klinických a hygienických kritérií pro uznání nemoci z povolání a formulace opatření ke snížení rizika onemocnění bederní páteře.

Metodika:

Při tvorbě metodiky pro stanovení hygienických kritérií pro posuzování pracovní zátěže v oblasti bederní páteře vycházíme z výsledků získaných z biomechanických analýz ergonomického simulačního software

Tecnomatix Jack.

Tecnomatix JACK - charakteristika



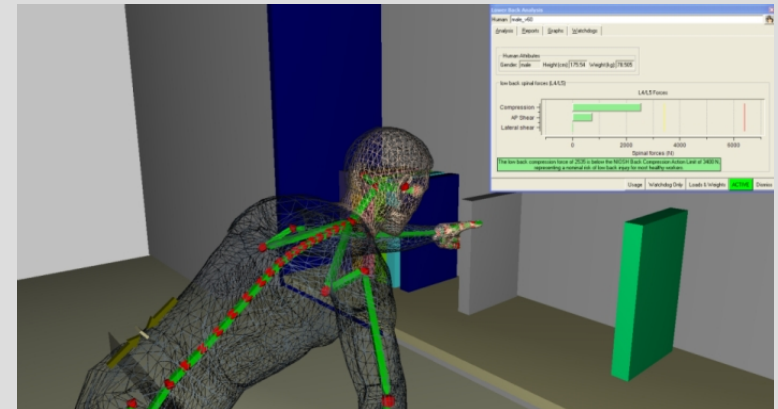
Software umožňuje v počítači vytvořit 3D model pracovního prostředí, 3D model pracovníka a 3D model pracovní činnosti. Simuluje jejich vzájemné vazby a hodnotí zatížení muskuloskeletálního aparátu člověka.



Tecnomatix JACK – použité metody

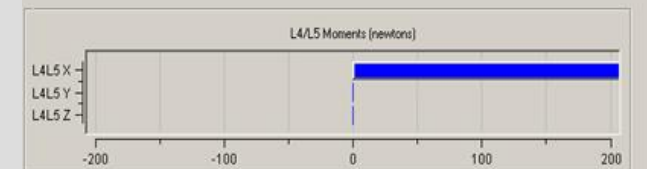
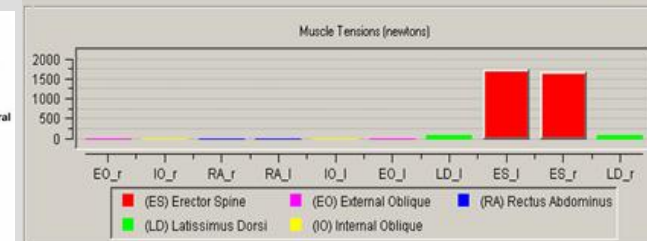
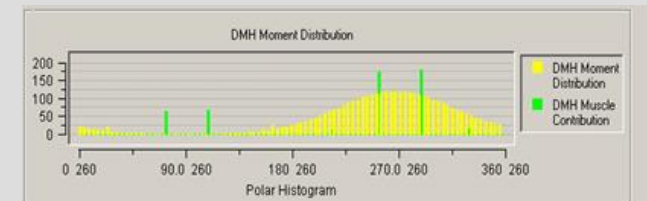
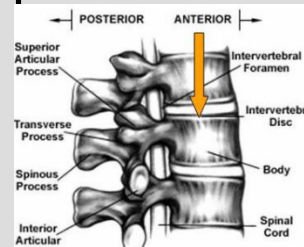
Lower Back Analysis

Výpočet tlakových sil a smykových sil v oblasti L4/L5, distribuce momentů sil po obvodu ploténky, silového zatížení pěti svalových skupin v oblasti bederní páteře.



Limity dle NIOSH pro zátěž meziobratlové ploténky L4/L5:

- komprese do **3400 N** neznamená pro většinu pracovníků při opakované dlouhodobé zátěži nebezpečí poškození páteře,
- komprese nad **6400 N** znamená pro většinu pracovníků zátěž spojenou s nebezpečí poškození páteře,
- limit smykových sil - **1000 N**.

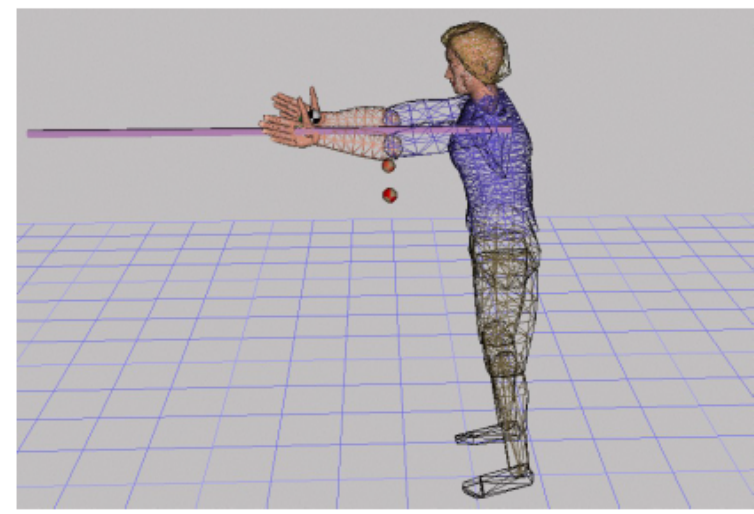
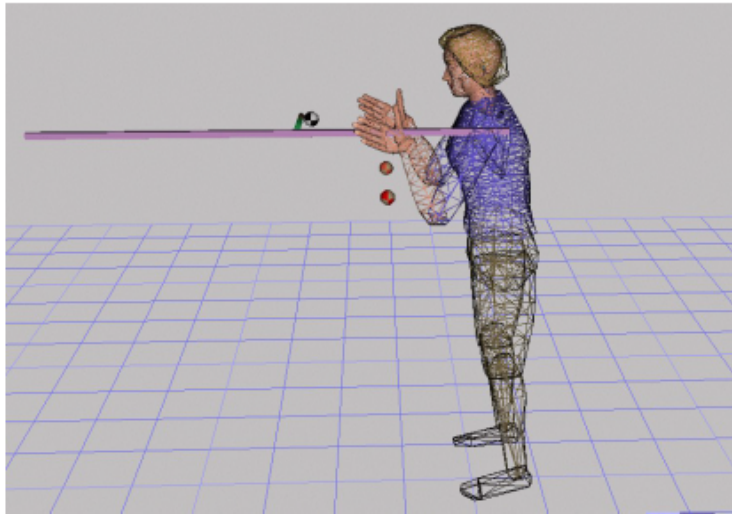


Postup činností při řešení úkolu

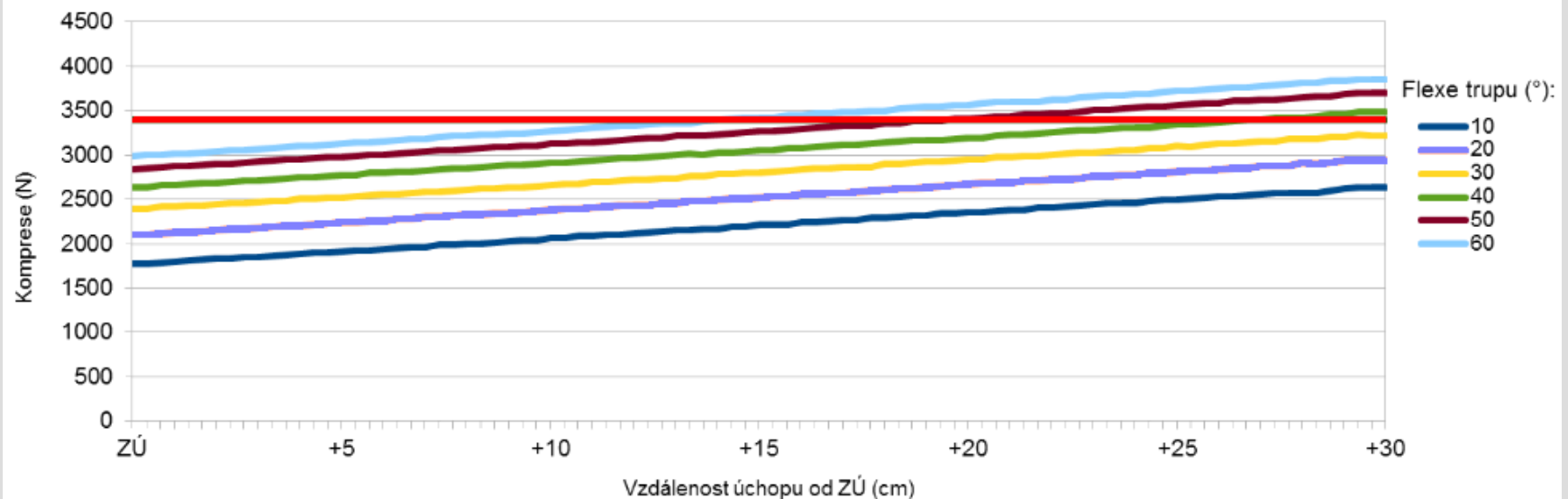
- generování simulací v programu Jack a sběr dat*
- zpracování simulovaných dat*
- analýza dat a z ní plynoucí změny sběru dat*
- stanovení kritérií pro zohlednění časových faktorů práce a stanovení hodnot čas. koeficientů*
- ověřování validity metodiky na konkrétních případech vytipovaných klinickými pracovišti
- ověření časových koeficientů
- vytváření a ověřování výpočetního modelu

* provedené činnosti

Manipulace s břemenem



Model: 50 percentilní žena, hmotnost břemene 150 N, šířka břemene 30 cm; rovina úchopu - ramena, zátěž rovnoměrná PHK+LHK



* ZÚ – základní úchop je ve vzdálenosti 28 cm od středu ramenního kloubu (viz obr. vlevo)

Vstupní parametry simulací

Tab. 1: Pracovní polohy trupu a horních končetin

Flexe trupu [°]	Horní končetiny	Úhel předpažení [°]	Úhel nadloktí s předloktím [°]
Flexe trupu 0° - 90° s krokem 5°	Varianty: a) jedna HK předpažena a druhá HK v neutrální poloze b) obě HKK předpaženy	0	90
			180
		30	90
			180
		60	90
			180
		90	90
			180
		120	90
			180

Pozn.: Simulace se provádí pro vzájemné kombinace uvedených poloh a dále v kombinaci s úklonem trupu 0° - 20° s krokem 5°.

Tab. 2: Antropometrické parametry žen a mužů

Tělesná výška [cm]	137,3 – 217,3
Tělesná hmotnost [kg]	42 – 122

Pozn.: Simulace se provádí pro vzájemné kombinace tělesné výšky a hmotnosti.

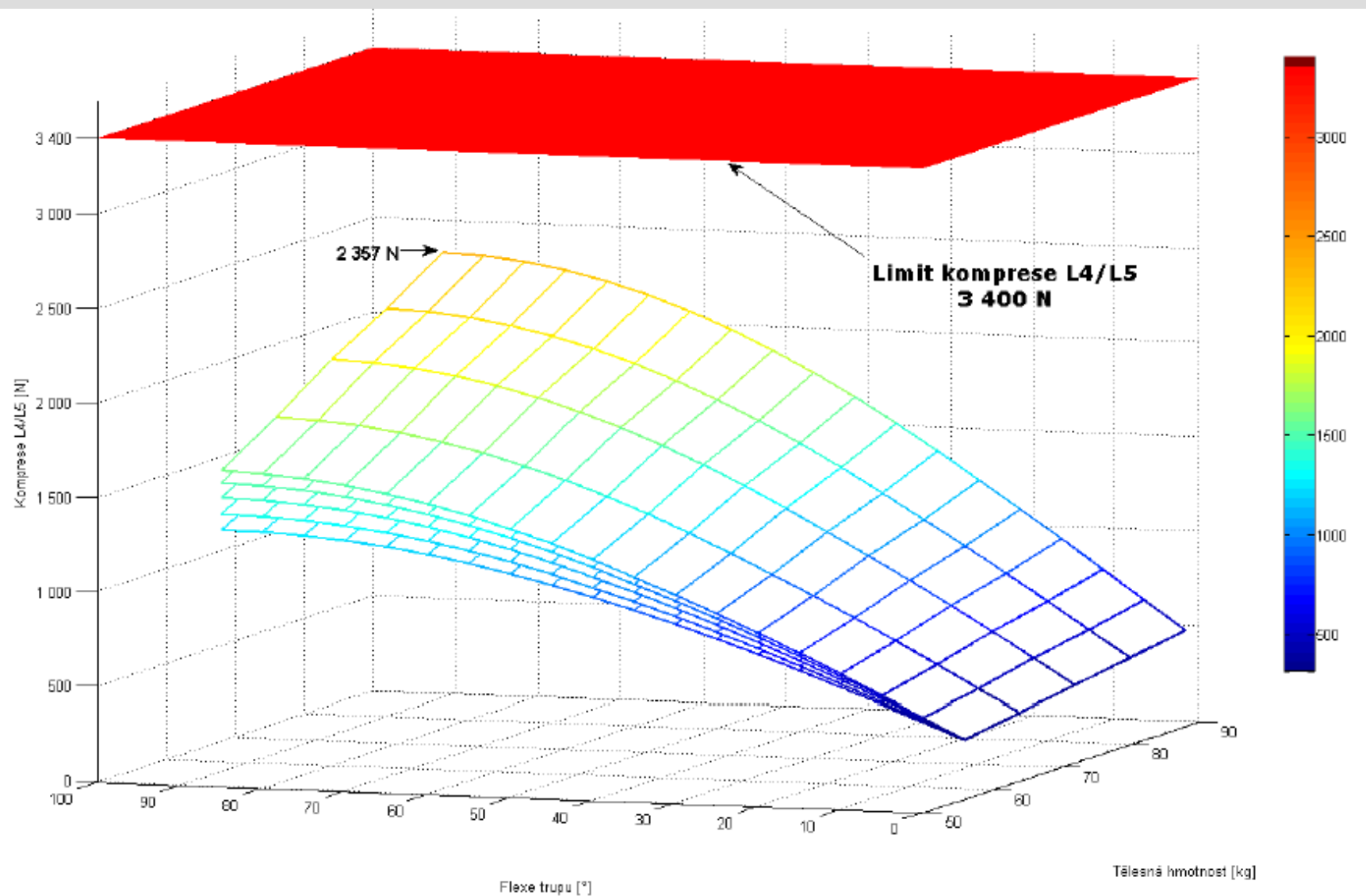
Průběžné výsledky – příkladová tabulka

Příkladová tabulka uvádí výsledné hodnoty komprese [N] v oblasti bederní páteře pro vzájemné kombinace následujících faktorů u modelu ženy - flexe trupu, tělesná hmotnost a výška. V uvedeném příkladu je model ženy v poloze, v níž obě horní končetiny směřují kolmo dolů a jsou přirozeně napnuté.

Flexe trupu [°]	Výška modelu ženy 167,3 cm				
	Tělesná hmotnost [kg]				
	56	64	72	80	88
0	316	360	406	454	503
5	413	468	526	585	645
10	509	575	643	714	786
15	603	679	758	840	923
20	694	781	871	963	1056
25	783	879	979	1081	1185
30	867	973	1082	1197	1315
35	947	1062	1185	1311	1439
40	1023	1150	1282	1419	1557
45	1095	1233	1374	1518	1664
50	1164	1309	1456	1610	1763
55	1226	1378	1532	1692	1852
60	1280	1437	1599	1763	1931
65	1329	1489	1655	1824	1998
70	1368	1532	1703	1878	2053
75	1400	1566	1740	1918	2096
80	1422	1592	1767	1946	2128
85	1437	1609	1783	1964	2147
90	1443	1614	1790	1969	2152

Tab. 3: Číselné vyjádření hodnot komprese [N] meziobratlové ploténky L4/L5 na vzájemné kombinaci flexe trupu a tělesné hmotnosti pro 50percentilní ženu

Průběžné výsledky – příkladový graf

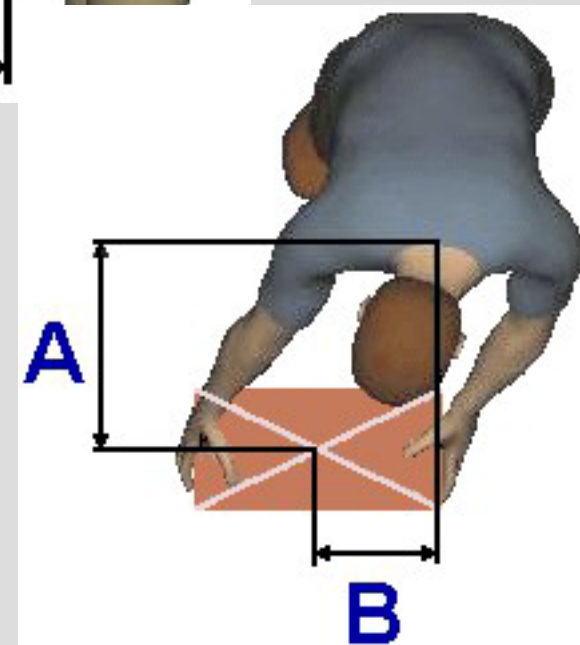
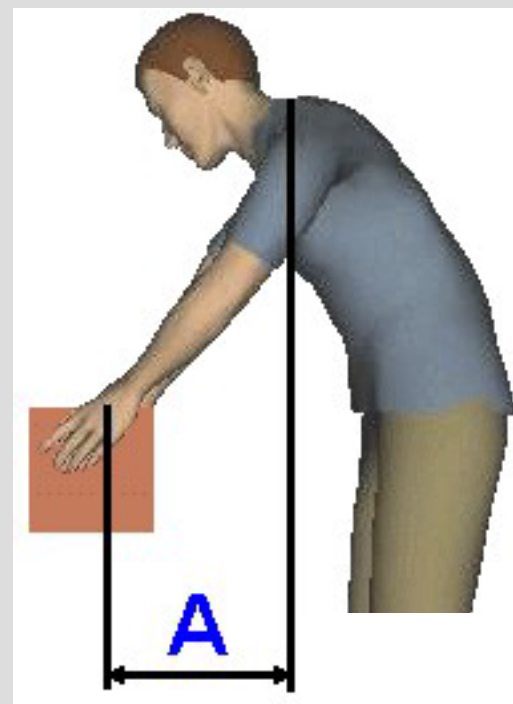


Obr. 3 Graf závislosti hodnot komprese meziobratlové ploténky L4/L5 na vzájemné kombinaci flexe trupu, tělesné hmotnosti a výšky u žen

Pracovní programový modul – výpočet komprese L4/L5

Vstupní parametry zohledněné pro stanovení komprese L4/L5:

- tělesná výška
- tělesná hmotnost
- poloha trupu – flexe, úklon
- poloha HKK
- způsob manipulace – jednou HK (P/L) nebo oběma HKK, opora jedné HK
- vzdálenost břemene / man. roviny (**A, B**)
- hmotnost břemene / hodnota působící síly
- orientace sil – vertikálně / horizontálně
- frekvence úkonu za minutu
- celková doba trvání úkonu ve směně



Kritéria pro zohlednění časových faktorů

počet úkonů = trvání úkonu x počet úkonů za min.

Časové faktory vychází z NV361/2007 Sb.

a budou zohledňovány pro úkony:

o počtu vyšším jak **250x za směnu**

a/nebo

o délce trvání delší jak **30 min. za směnu.**

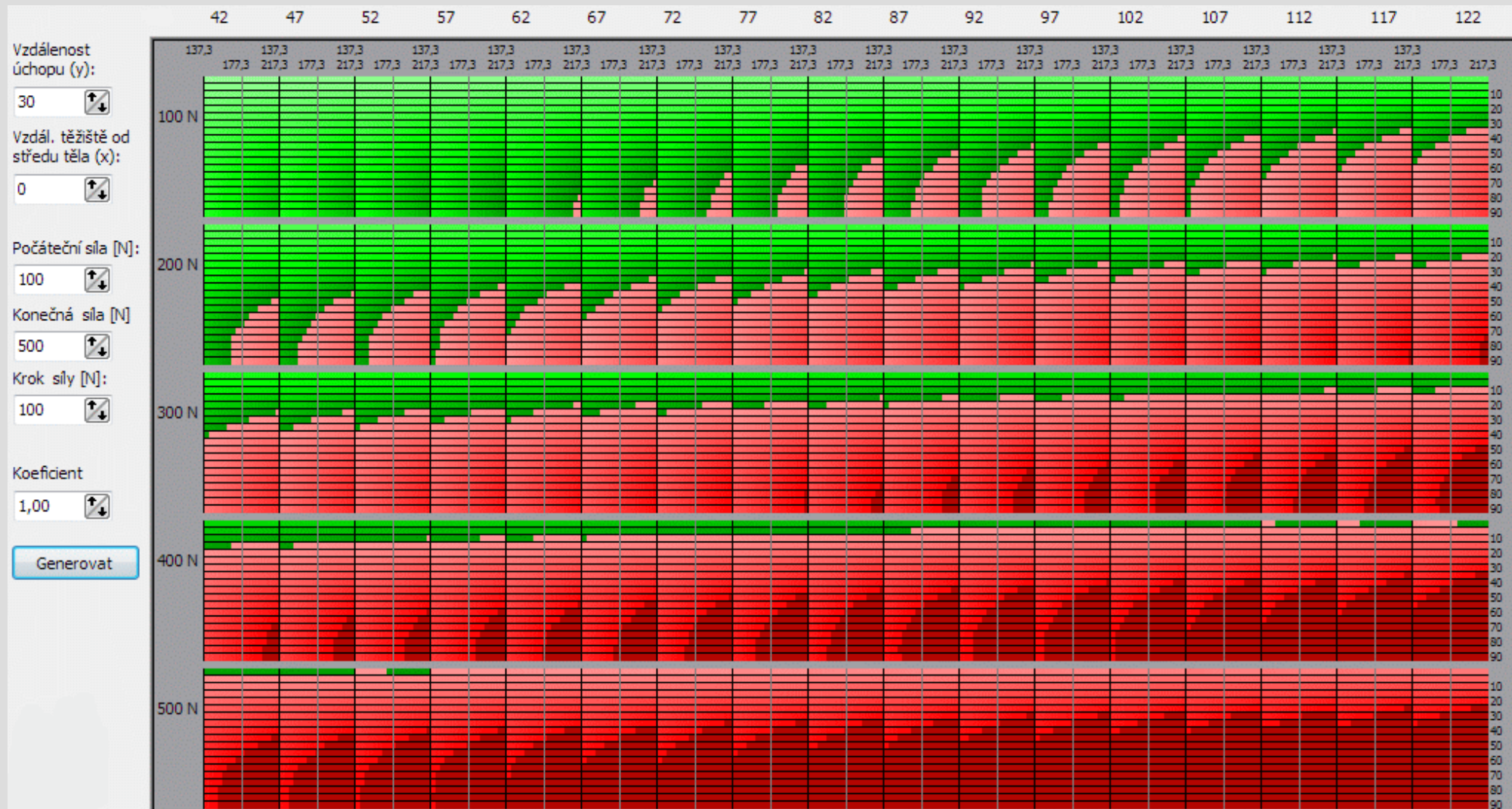
Trvání úkonu [min]	Počet úkonů ve směně																					
	Počet úkonů za minutu – frekvence																					
Čas [min]	0,2	0,5	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
00:10 10	2	5	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200
00:20 20	4	10	20	40	60	80	100	120	140	160	180	200	220	240	260	280	300	320	340	360	380	400
00:30 30	6	15	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	360	390	420	450	480	510	540	570	600
00:40 40	8	20	40	80	120	160	200	240	280	320	360	400	440	480	520	560	600	640	680	720	760	800
00:50 50	10	25	50	100	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600	650	700	750	800	850	900	950	1000
01:00 60	12	30	60	120	180	240	300	360	420	480	540	600	660	720	780	840	900	960	1020	1080	1140	1200
01:10 70	14	35	70	140	210	280	350	420	490	560	630	700	770	840	910	980	1050	1120	1190	1260	1330	1400
01:20 80	16	40	80	160	240	320	400	480	560	640	720	800	880	960	1040	1120	1200	1280	1360	1440	1520	1600
01:30 90	18	45	90	180	270	360	450	540	630	720	810	900	990	1080	1170	1260	1350	1440	1530	1620	1710	1800
01:40 100	20	50	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900	2000
01:50 110	22	55	110	220	330	440	550	660	770	880	990	1100	1210	1320	1430	1540	1650	1760	1870	1980	2090	2200
02:00 120	24	60	120	240	360	480	600	720	840	960	1080	1200	1320	1440	1560	1680	1800	1920	2040	2160	2280	2400
02:10 130	26	65	130	260	390	520	650	780	910	1040	1170	1300	1430	1560	1690	1820	1950	2080	2210	2340	2470	2600
02:20 140	28	70	140	280	420	560	700	840	980	1120	1260	1400	1540	1680	1820	1960	2100	2240	2380	2520	2660	2800
02:30 150	30	75	150	300	450	600	750	900	1050	1200	1350	1500	1650	1800	1950	2100	2250	2400	2550	2700	2850	3000
02:40 160	32	80	160	320	480	640	800	960	1120	1280	1440	1600	1760	1920	2080	2240	2400	2560	2720	2880	3040	3200
02:50 170	34	85	170	340	510	680	850	1020	1190	1360	1530	1700	1870	2040	2210	2380	2550	2720	2890	3060	3230	3400
03:00 180	36	90	180	360	540	720	900	1080	1260	1440	1620	1800	1980	2160	2340	2520	2700	2880	3060	3240	3420	3600
03:10 190	38	95	190	380	570	760	950	1140	1330	1520	1710	1900	2090	2280	2470	2660	2850	3040	3230	3420	3610	3800
03:20 200	40	100	200	400	600	800	1000	1200	1400	1600	1800	2000	2200	2400	2600	2800	3000	3200	3400	3600	3800	4000
03:30 210	42	105	210	420	630	840	1050	1260	1470	1680	1890	2100	2310	2520	2730	2940	3150	3360	3570	3780	3990	4200
03:40 220	44	110	220	440	660	880	1100	1320	1540	1760	1980	2200	2420	2640	2860	3080	3300	3520	3740	3960	4180	4400
03:50 230	46	115	230	460	690	920	1150	1380	1610	1840	2070	2300	2530	2760	2990	3220	3450	3680	3910	4140	4370	4600
04:00 240	48	120	240	480	720	960	1200	1440	1680	1920	2160	2400	2640	2880	3120	3360	3600	3840	4080	4320	4560	4800
04:10 250	50	125	250	500	750	1000	1250	1500	1750	2000	2250	2500	2750	3000	3250	3500	3750	4000	4250	4500	4750	5000
04:20 260	52	130	260	520	780	1040	1300	1560	1820	2080	2340	2600	2860	3120	3380	3640	3900	4160	4420	4680	4940	5200
04:30 270	54	135	270	540	810	1080	1360	1620	1880	2140	2400	2660	2920	3180	3440	3700	3960	4220	4480	4740	5000	5260
04:40 280	56	140	280	560	840	1120	1400	1680	1960	2240	2520	2800	3080	3360	3640	3920	4200	4480	4760	5040	5320	5600
04:50 290	58	145	290	580	870	1160	1440	1740	2040	2340	2640	2940	3240	3540	3840	4140	4440	4740	5040	5340	5640	5940
05:00 300	60	150	300	600	900	1200	1500	1800	2100	2400	2700	3000	3300	3600	3900	4200	4500	4800	5100	5400	5700	6000
05:10 310	62	155	310	620	930	1240	1540	1840	2140	2440	2740	3040	3340	3640	3940	4240	4540	4840	5140	5440	5740	6040
05:20 320	64	160	320	640	960	1280	1580	1880	2180	2480	2780	3080	3380	3680	3980	4280	4580	4880	5180	5480	5780	6080
05:30 330	66	165	330	660	990	1320	1620	1920	2220	2520	2820	3120	3420	3720	4020	4320	4620	4920	5220	5520	5820	6120
05:40 340	68	170	340	680	1020	1360	1660	1960	2260	2560	2860	3160	3460	3760	4060	4360	4660	4960	5260	5560	5860	6160
05:50 350	70	175	350	700	1050	1400	1700	2000	2300	2600	2900	3200	3500	3800	4100	4400	4700	5000	5300	5600	5900	6200
06:00 360	72	180	360	720	1080	1440	1740	2040	2340	2640	2940	3240	3540	3840	4140	4440	4740	5040	5340	5640	5940	6240
06:10 370	74	185	370	740	1110	1480	1780	2080	2380	2680	2980	3280	3580	3880	4180	4480	4780	5080	5380	5680	5980	6280
06:20 380	76	190	380	760	1140	1520	1820	2120	2420	2720	3020	3320	3620	3920	4220	4520	4820	5120	5420	5720	6020	6320
06:30 390	78	195	390	780	1170	1560	1860	2160	2460	2760	3060	3360	3660	3960	4260	4560	4860	5160	5460	5760	6060	6360
06:40 400	80	200	400	800	1200	1600	1900	2200	2500	2800	3100	3400	3700	4000	4300	4600	4900	5200	5500	5800	6100	6400
06:50 410	82	205	410	820	1230	1640	1940	2240	2540	2840	3140	3440	3740	4040	4340	4640	4940	5240	5540	5840	6140	6440
07:00 420	84	210	420	840	1260	1680	1980	2280	2580	2880	3180	3480	3780	4080	4380	4680	4980	5280	5580	5880	6180	6480
07:10 430	86	215	430	860	1290	1720	2020	2320	2620	2920	3220	3520	3820	4120	4420	4720	5020	5320	5620	5920	6220	6520
07:20 440	88	220	440	880	1320	1760	2060	2360	2660	2960	3260	3560	3860	4160	4460	4760	5060	5360	5660	5960	6260	6560
07:30 450	90	225	450	900	1350	1800	2100	2400	2700	3000	3300	3600	3900	4200	4500	4800	5100	5400	5700	6000	6300	6600
07:40 460	92	230	460	920	1380	1840	2140	2440	2740	3040	3340	3640	3940	4240	4540	4840	5140	5440	5740	6040	6340	6640
07:50 470	94	235	470	940	1410	1880	2180	2480	2780	3080	3380	3680	3980	4280	4580	4880	5180	5480	5780	6080	6380	6680
08:00 480	96	240	480	960	1440	1920	2220	2520	2820	3120	3420	3720	4020	4320	4620	4920	5220	5520	5820	6120	6420	6720

počet úkonů ve 30 min = délka úkonu x počet úkonů za min.

Délka úkonu [sek.]	Počet úkonů za 30 min																					
	Počet úkonů za minutu																					
	0,2	0,5	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
0,1	1	2	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	33	36	39	42	45	48	51	54	57	60
0,2	1	2	3	6	12	18	24	30	36	42	48	54	60	66	72	78	84	90	96	102	108	114
0,3	1	3	6	9	18	27	36	45	54	63	72	81	90	99	108	117	126	135	144	153	162	171
0,4	2	6	12	24	36	48	60	72	84	96	108	120	132	144	156	168	180	192	204	216	228	240
0,5	3	9	18	36	54	72	90	108	126	144	162	180	198	216	234	252	270	288	306	324	342	360
0,6	4	12	24	48	72	96	120	144	168	192	216	240	264	288	312	336	360	384	408	432	456	480
0,7	4	11	21	42	63	84	105	126	147	168	189	210	231	252	273	294	315	336	357	378	399	420
0,8	5	12	24	48	72	96	120	144	168	192	216	240	264	288	312	336	360	384	408	432	456	480
0,9	5	14	27	54	81	108	135	162	189	216	243	270	297	324	351	378	405	432	459	486	513	540
1,0	6	15	30																			

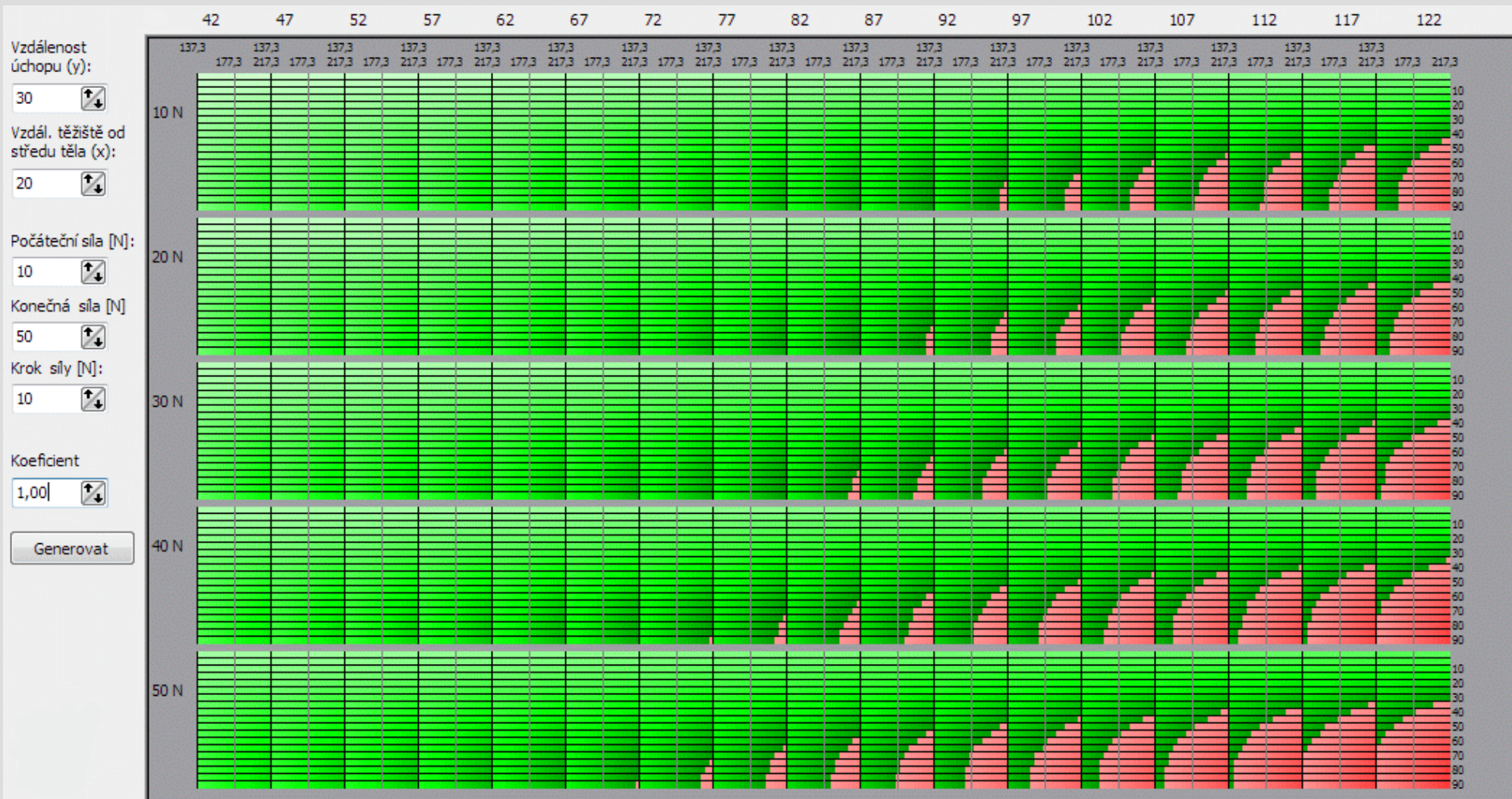
Grafické znázornění komprese L4/L5, břemeno 10 - 50 kg

Příklad grafického znázornění hodnota komprese [N] v oblasti bederní páteře pro vzájemné kombinace následujících faktorů: tělesná hmotnost a výška člověka, flexe trupu, manipulovaná hmotnost a vzdálenosti úchopu břemene.



Grafické znázornění komprese L4/L5, břemeno 1 - 5 kg

Příklad grafického znázornění hodnota komprese [N] v oblasti bederní páteře pro vzájemné kombinace následujících faktorů: tělesná hmotnost a výška člověka, flexe trupu, manipulovaná hmotnost a vzdálenost břemene od těla.



Výpočtový modul – pracovní verze

Výpočtový modul pro stanovení zatěže L4/L5

Tělesná výška: 174 Tělesná hmotnost: 73

Název úkonu: Polohovani_HC

Flexe trupu: (rozsah 0 - 90°) 60 Úklon trupu: (rozsah 0 - 20°) 0 Doba trvání: 1

Vzdálenost úchopu (y): (výkonu práce) 15 Poloha rukou visle (%): 0 Počet úkonů: 8

Vzdálenost těžiště od středu těla (x): 10 Působící síla: 410 Trvání ve směně:

Typ působící síly: -HKK -HK +HKK +HK +-HK TLAK

1 682,90 N až 4 636,71 N
Kompresse - flexe trupu:
4 105,02 N

61,82 N + 1 597,77 N + 0,00 N + 0,00 N
Celková komprese:
5 764,61 N
 Label2

Vstupní parametry zohledněné pro stanovení komprese L4/L5:

- tělesná výška
- tělesná hmotnost
- poloha trupu – flexe, úklon
- poloha HKK
- způsob manipulace – jednou HK (P/L) nebo oběma HKK, opora jedné HK
- vzdálenost břemene / man. roviny
- hmotnost břemene / hodnota působící síly
- orientace sil – vertikálně / horizontálně
- frekvence úkonu za minutu
- celková doba trvání úkonu ve směně

Generovat

Smazat úkon Editovat úkon

Řadit dle Komprese

Jméno: PRMaPA53

Exp. dat Otevřít Uložit

Č.	Název úkonu	Těl. výška	Těl. hmotnost	Flexe (°)	Úklon (°)	Síla (N)	Typ úkonu	Vz. úchopu	Pol. r. visle	Vz. x	Doba trvání (s)	Počet úkonů	Trvání ve směně (min)	Kompresse (N)
1	Stlani_luzek1	174	73	60	0	0	-HKK	55	X	0	15	14	3,50	1916,80
2	Stlani_luzek1	174	73	60	10	0	-HKK	55	X	0	15	14	3,50	2086,62
3	Odbery_a_kanyly	174	73	60	10	0	-HKK	15	X	0	120	4	8,00	1914,53
4	Celkova_koupelHC	174	73	60	0	0	-HKK	15	X	0	840	4	56,00	1744,71
5	Celkova_koupelDC	174	73	90	0	0	-HKK	15	X	0	360	4	24,00	1957,26
6	Man_pac_z_luzka	174	73	60	0	393	-HKK	0	X	0	2	16	0,53	4004,60
7	Man_pac_na_vozik	174	73	30	0	393	-HKK	20	X	20	3	16	0,80	5359,05
8	Polohovani_DK	174	73	60	0	179	-HKK	10	X	0	1	8	0,13	3082,09
9	Polohovani_na_bok	174	73	60	0	322	-HKK	30	X	0	1	8	0,13	5 306,48
10	Polohovani_HC	174	73	60	0	410	-HKK	15	X	10	1	8	0,13	5 764,61
11	?Zvedani_na_misu	174	73	60	0	322	-HKK	30	X	0	1	12	0,20	5306,48
12	Koupání_Jana_Vozik	174	73	0	0	0	TLAK	X	0	0	120	8	16,00	413,15

Závěr

Jak dále:

- průběžně budeme ověřovat validitu metodiky na konkrétních případech vytipovaných klinickými pracovišti,
- budeme dopracovávat výpočetní modul do finální verze,
- budeme provádět další simulace pro ověření navrhovaného výpočetního modulu,
- s použitím závislostí vyplývajících z výsledků analýz při řešení konkrétních případů budeme ověřovat a zpřesňovat koeficienty k zohlednění časových faktorů práce.

Děkuji za pozornost

MUDr. Jana Hlávková

Ing. Petr Gad'ourek

Ing. Tomáš Lebeda