



**Postup řešení  
a průběžné výsledky úkolu:  
Posuzování pracovní zátěže  
u onemocnění bederní páteře**

**MUDr. Jana Hlávková  
Ing. Petr Gad'ourek  
Ing. Tomáš Lebeda  
Bc. Tomáš Tichý**

**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.

## **Řešitelé:**

Marie Nakládálová<sup>1</sup>, Daniela Pelclová<sup>2</sup>, Zdenka Fenclová<sup>2</sup>, Andrea Laštovková<sup>2</sup>,  
Jana Hlávková<sup>3</sup>, Pavel Urban<sup>2,3</sup>, Tomáš Lebeda<sup>3</sup>, Tomáš Tichý<sup>3</sup>, Petr Gad'ourek<sup>3,7</sup>,  
Petr Ridzoň<sup>4,2</sup>, Edvard Ehler<sup>5</sup>, Milan Richter<sup>6</sup>

<sup>1</sup>Klinika pracovního lékařství LF UP a FN Olomouc, I. P. Pavlova 6, Olomouc

<sup>2</sup>Klinika pracovního lékařství, 1. LF UK a VFN Praha, Na Bojišti 1, Praha 2

<sup>3</sup>Státní zdravotní ústav, Šrobárova 48, Praha 10

<sup>4</sup>Thomayerova nemocnice, Vídeňská 800, Praha 4

<sup>5</sup>Neurologická klinika FZS Univerzity Pardubice a PKN, a.s., Kyjevská 44, Pardubice

<sup>6</sup>Ortopedická klinika 1. LF UK a FN v Motole, V Úvalu 84, Praha 5

<sup>7</sup>GETA Centrum s. r. o., Praha

# Grant IGA MZ NT/14471-3

## Metodika:

Na základě meta-analytické studie bylo prokázáno, že hlavní vliv na zátěž v oblasti bederní páteře mají:

- pracovní polohy,
- manipulace s břemeny,
- vynakládání tažných a tlačných sil,
- celotělové vibrace.

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.**

Ověřovali jsme vhodnost použití analýz:

- Lower Back Analysis – tlakové a smykové síly v oblasti L4/L5,
- Static Strength Prediction s výp. modulem Force Solver – zatížení kloubů,
- NIOSH Lifting – zohlednění prostorových a časových pracovních podmínek.

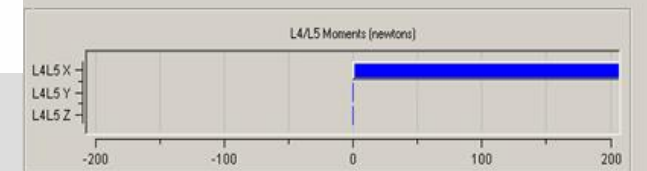
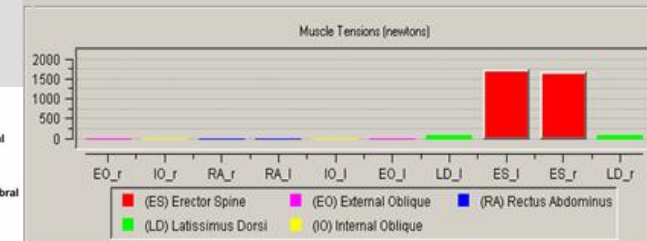
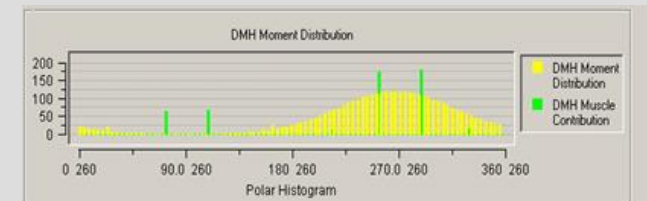
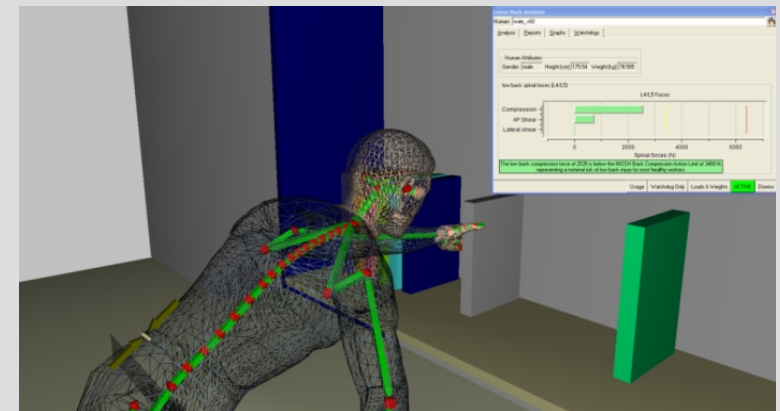
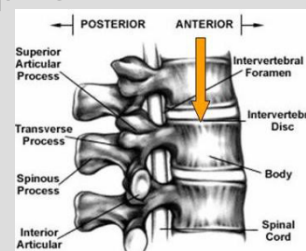
# Tecnomatix JACK – použité metody

## 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** neznámá pro většinu pracovníků při opakované dlouhodobé zátěži nebezpečí poškození páteře,
- komprese nad **6400 N** znamená pro většinu pracovníků zátěž spojenou s nebezpečí poškození páteře.

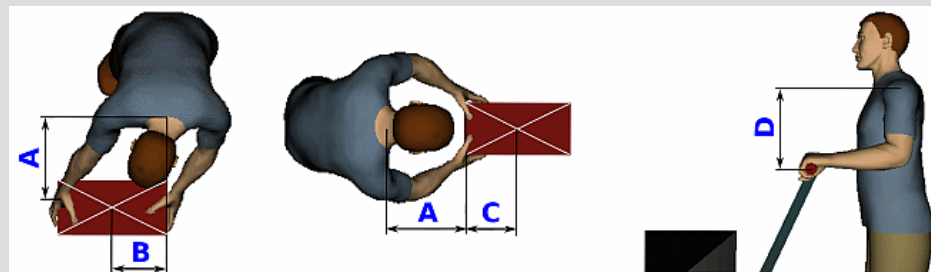


# Postup činností při řešení úkolu

- generování simulací v programu Tecnomatix Jack a sběr dat
  - pracovní polohy, manipulace s břemeny, vynakládání tažných a tlačných sil
- zpracování a analýza simulovaných dat a z ní plynoucí změny sběru dat
  - převody dat do Excelu a Matlabu, tvorba analýz, grafů a grafických map
- stanovení kritérií pro zohlednění frekvenčních a časových faktorů práce, stanovení hodnot koeficientů a metodiky použití
  - SSP/Force Solver, NIOS Lifting, ČSN EN 1005, NV 361/2007 Sb.
- vytváření a ověřování výpočetního modelu
  - program Jack je určen pouze pro tvorbu metodiky, nikoliv pro vlastní šetření nemocí z povolání onemocnění bederní páteře
- pilotní studie - ověřování validity metodiky na konkrétních případech vytipovaných klinickými pracovišti a upřesnění kritérií
- vyhodnocení možností výsledků ke snížení rizika onemocnění bederní páteře

# Vstupní parametry simulací při vynakládání sil

Simulace byly prováděny pro vzájemné kombinace pracovních poloh, prostorového umístění působiště sil, tělesné hmotnosti (42 – 112 kg) a tělesné výšky (137 – 217 cm).



## Síly působící ve vertikálním směru - dolů (včetně břemen) a nahoru

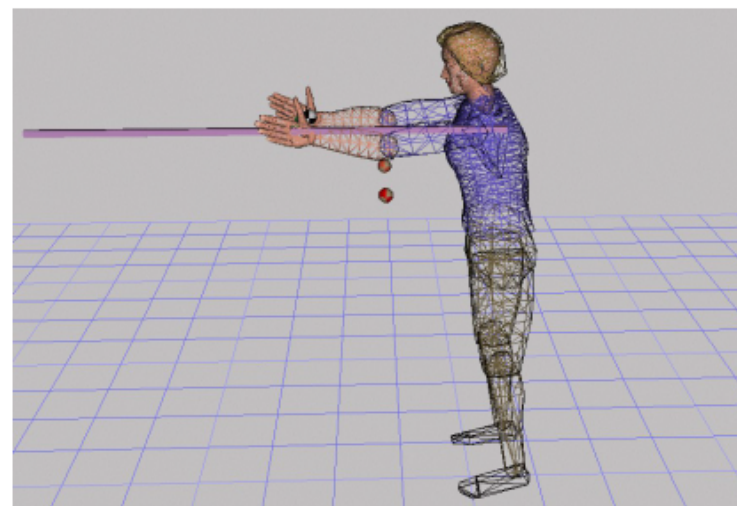
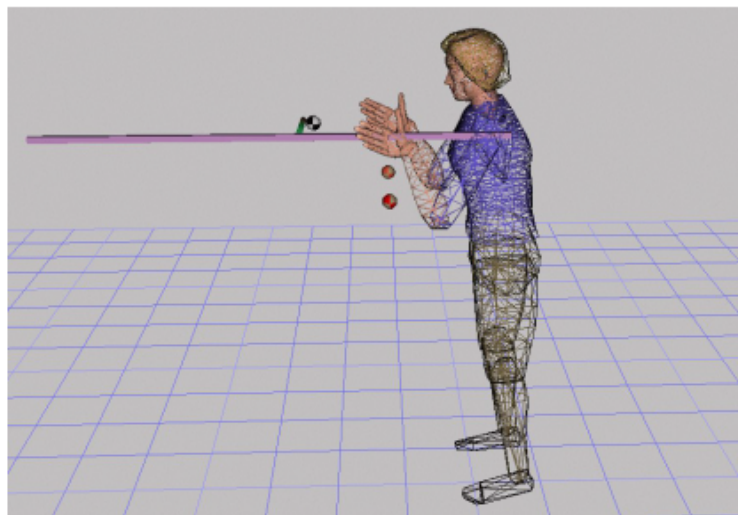
Polohy trupu a jejich kombinace	Prostorové umístění působiště síly	Působící síly
Flexe trupu 0-90° (krok 5°) Úklon trupu 0-20° (krok 5°) Rotace trupu 0-20° (krok 5°)	Vzdálenost působiště síly před sebou od L4/L5 parametr A: 0-70 cm, krok 10 cm	0 - 500 N (krok 10 N)
	Vzdálenost působiště síly do strany od L4/L5 parametr B: 0-70 cm, krok 10 cm	0 - 500 N (krok 10 N)
	Kombinace vzdáleností působiště síly parametry A a B: 0-70 cm, krok 10 cm	0 - 500 N (krok 10 N)

## Síly působící v horizontálním směru – tažné a tlačné

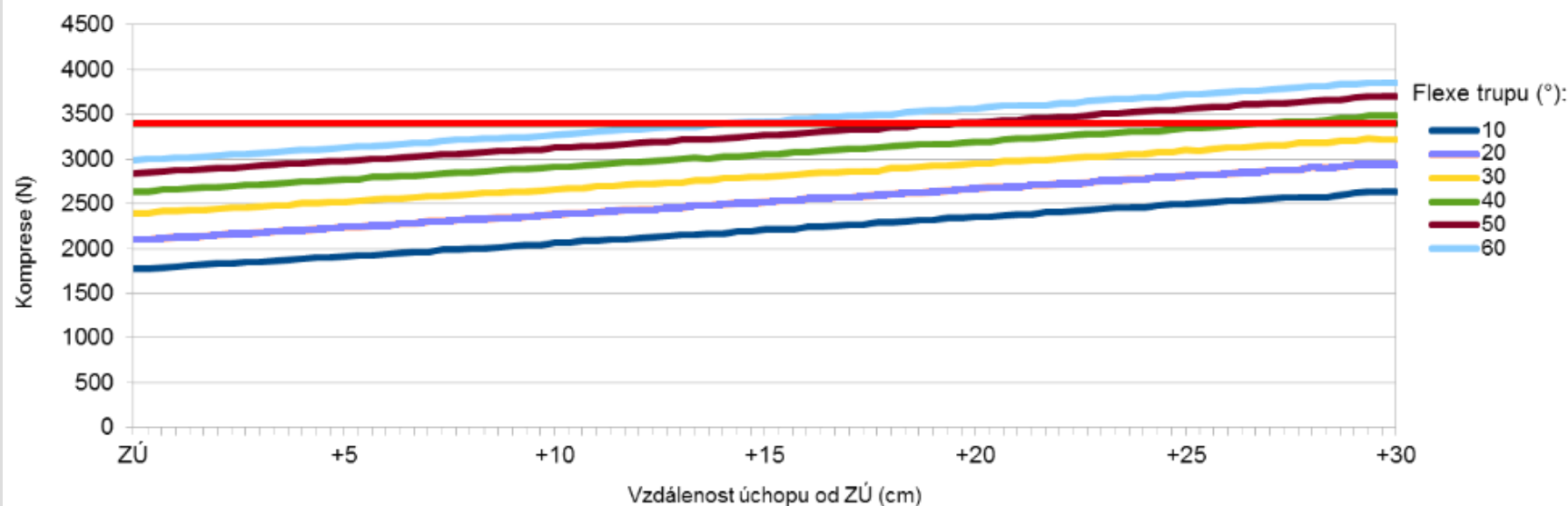
Polohy trupu a jejich kombinace	Prostorové umístění působiště síly	Působící síly
Flexe trupu 0-90° (krok 30°) Úklon trupu 0-20° (krok 5°) Rotace trupu 0-20° (krok 5°)	Vzdálenost působiště síly do strany od L4/L5 parametr B: 0-70 cm, krok 10 cm	0 - 500 N (krok 10 N)
	Kombinace vzdáleností působiště síly parametry A a C: 0-70 cm, krok 10 cm	0 - 500 N (krok 10 N)
	Manipulace s vozíky: výška působiště síly mezi úrovněmi ruce na úrovni ramen a ruce zcela natažené kolmo dolů, parametr D: 0-70 cm, krok 10 cm	0 - 500 N (krok 10 N)



# Ukázka simulace manipulace s břemenem



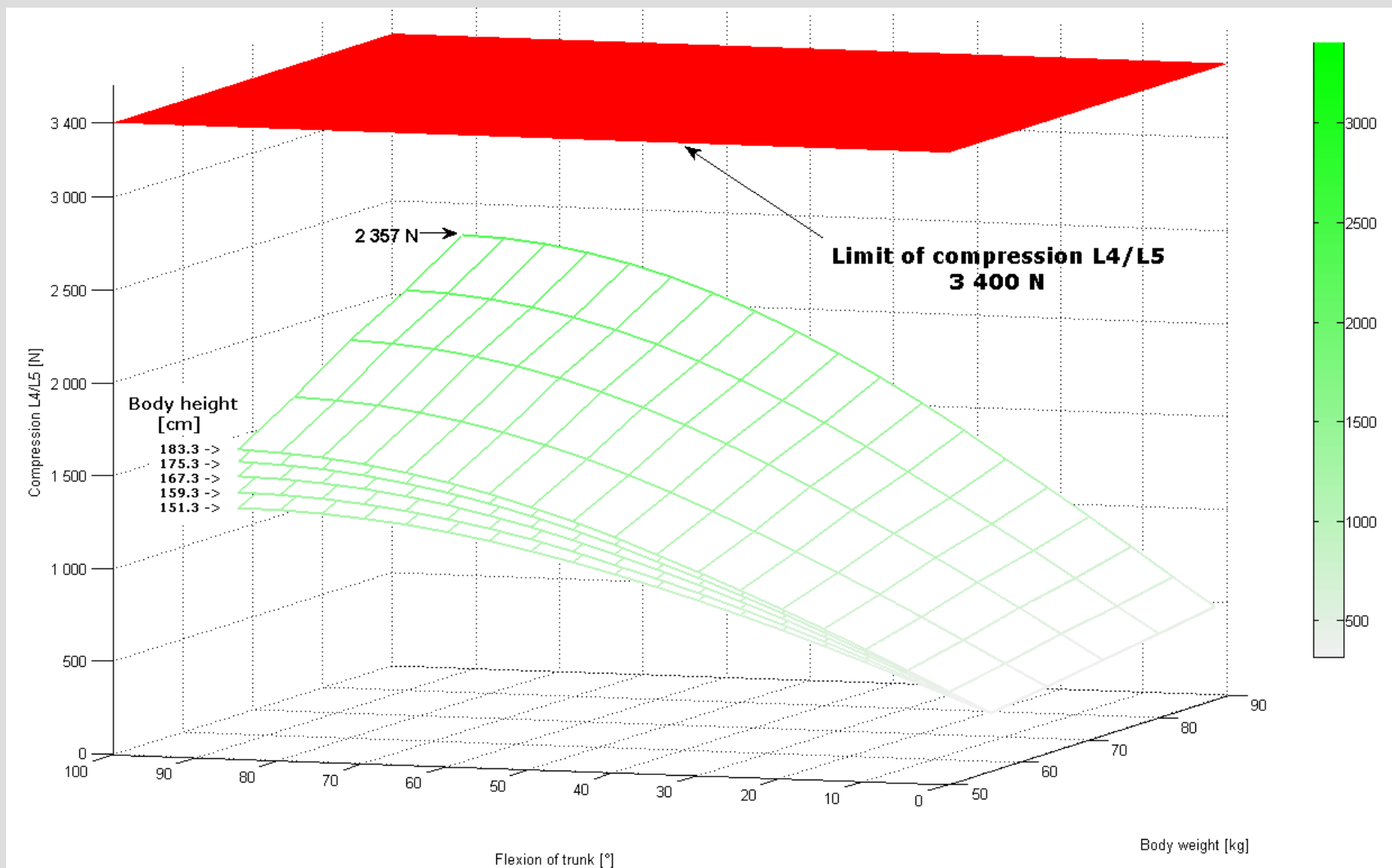
Model: 50 percentilní žena, hmotnost břemene 150 N, šířka břemene 30 cm; rovina úchopu - ramena, zátěž rovnoměrná PHK+LHK



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

# Průběžné výsledky – příkladový graf (polohy)

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





# Kritéria pro zohlednění frekvenčních a časových faktorů

## Výchozí limity:

- počet opakování úkonů: **250** (ČSN EN 1005, Německo)
- kumulativní doba trvání úkonů: **30 minut** (NV 361/2007 Sb.)
- komprese L4/L5: **3400 N a 6400 N** (Niosh)

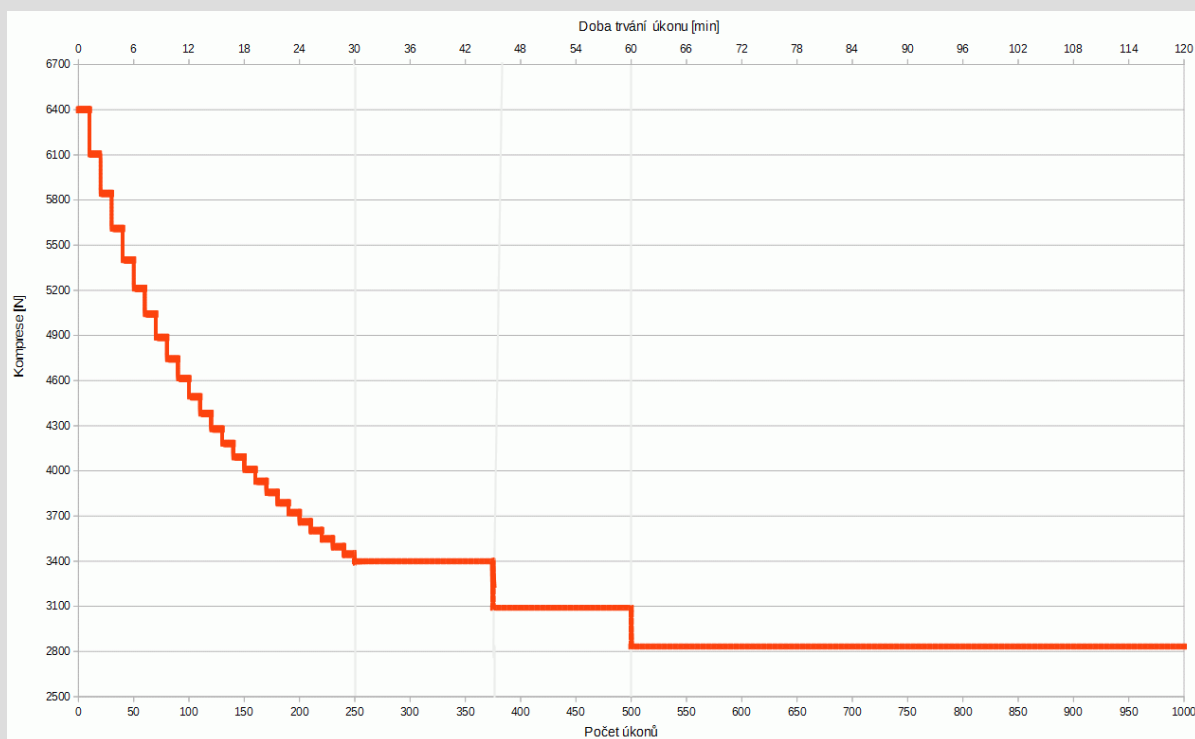
## Výchozí limity – aplikace frekvenčních a časových koeficientů:

a) Pro pracovní zátěž, u níž hodnot **komprese L4/L5 dosahuje maximálně 3400 N**

- frekvenční koef.: **f=1,0** pro 251-375 úkonů    **f=1,1** pro 376-500 úkonů    **f=1,2** nad 500 úkonů
- časové koeficienty: **f=1,0** pro 30-45 minut    **f=1,1** pro 45-60 minut    **f=1,2** nad 60 minut
- komprese L4/L5: **3400 N**    **3091 N**    **2833 N**

b) Pro pracovní zátěž, která je v rozmezí hodnot **komprese L4/L5 3400 – 6400 N:**

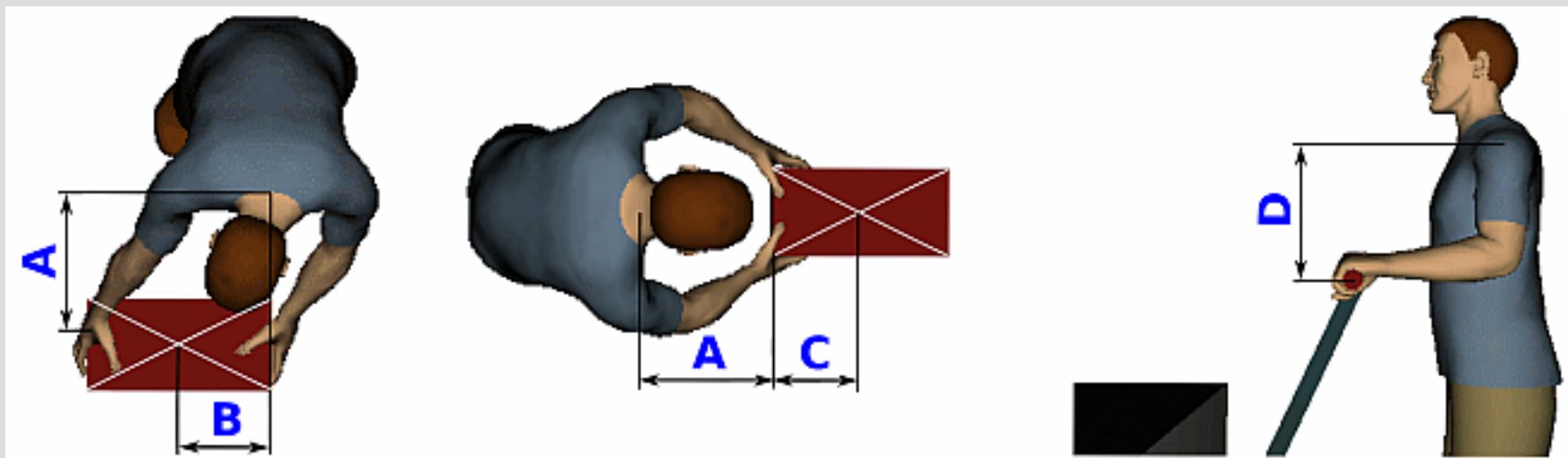
- maximální povolená hodnota komprese je nepřímo úměrná počtu opakování úkonu a/nebo kumulativní délce trvání úkonu za směnu, viz hyperbolická křivka v grafu; to platí pro **počet opakování úkonu 10-250** resp. **pro kumulativní délku trvání 1,2-30 min.**



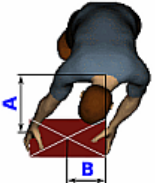
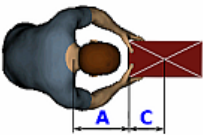
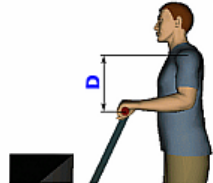
## Pracovní programový modul – výpočet komprese L4/L5

### Vstupní parametry zohledněné pro stanovení komprese L4/L5:

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



# Pracovní programový modul – kontrolní listy

List 2	Práce spojená s ruční manipulací s břemeny						identifikace pracovníka	číslo listu		
<b>Legenda:</b> HKK – manipulace oběma horními končetinami, HK – manipulace pouze jednou HK, †HK – manipulace pouze jednou HK s oporou druhé HK <b>Hmotnostní limity břemen v závislosti na flexi trupu:</b> flexe <40° od hmotnosti břemene 5 kg včetně flexe >=40° a <60° od hmotnosti břemene 3 kg včetně flexe >=60° od hmotnosti břemene 1 kg včetně		  								
kód operace / úkonu	název operace / úkonu	flexe trupu [°]	úklon trupu [°]	hmotnost břemene [kg]	způsob manipulace s břemenem	vzdálenost úchopu viz rozměr A [cm]	vzdálenost těžiště bř. viz rozměr B [cm]	doba trvání operace / úkonu [sekundy]	počet úkonů ve směně	celkové trvání ve směně [minuty]
					<input type="checkbox"/> HKK <input type="checkbox"/> HK <input type="checkbox"/> †HK					
					<input type="checkbox"/> HKK <input type="checkbox"/> HK <input type="checkbox"/> †HK					
					<input type="checkbox"/> HKK <input type="checkbox"/> HK <input type="checkbox"/> †HK					
					<input type="checkbox"/> HKK <input type="checkbox"/> HK <input type="checkbox"/> †HK					
					<input type="checkbox"/> HKK <input type="checkbox"/> HK <input type="checkbox"/> †HK					
					<input type="checkbox"/> HKK <input type="checkbox"/> HK <input type="checkbox"/> †HK					
					<input type="checkbox"/> HKK <input type="checkbox"/> HK <input type="checkbox"/> †HK					
					<input type="checkbox"/> HKK <input type="checkbox"/> HK <input type="checkbox"/> †HK					
					<input type="checkbox"/> HKK <input type="checkbox"/> HK <input type="checkbox"/> †HK					
					<input type="checkbox"/> HKK <input type="checkbox"/> HK <input type="checkbox"/> †HK					
					<input type="checkbox"/> HKK <input type="checkbox"/> HK <input type="checkbox"/> †HK					
					<input type="checkbox"/> HKK <input type="checkbox"/> HK <input type="checkbox"/> †HK					
					<input type="checkbox"/> HKK <input type="checkbox"/> HK <input type="checkbox"/> †HK					
					<input type="checkbox"/> HKK <input type="checkbox"/> HK <input type="checkbox"/> †HK					
					<input type="checkbox"/> HKK <input type="checkbox"/> HK <input type="checkbox"/> †HK					

# Výpočtový modul – pracovní verze

Výpočtový modul pro stanovení zatěže L4/L5

Tělesná výška:

174

Tělesná hmotnost:

73

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**

**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

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 svisle (%):

0

Počet úkonů:

8

Vzdálenost těžiště od středu těla (x):

10

Působící síla:

410

Trvání ve směně:

Generovat

Smazat úkon

Editovat úkon

Řadit dle Komprese

Jméno

PRMaPA53

Exp. dat

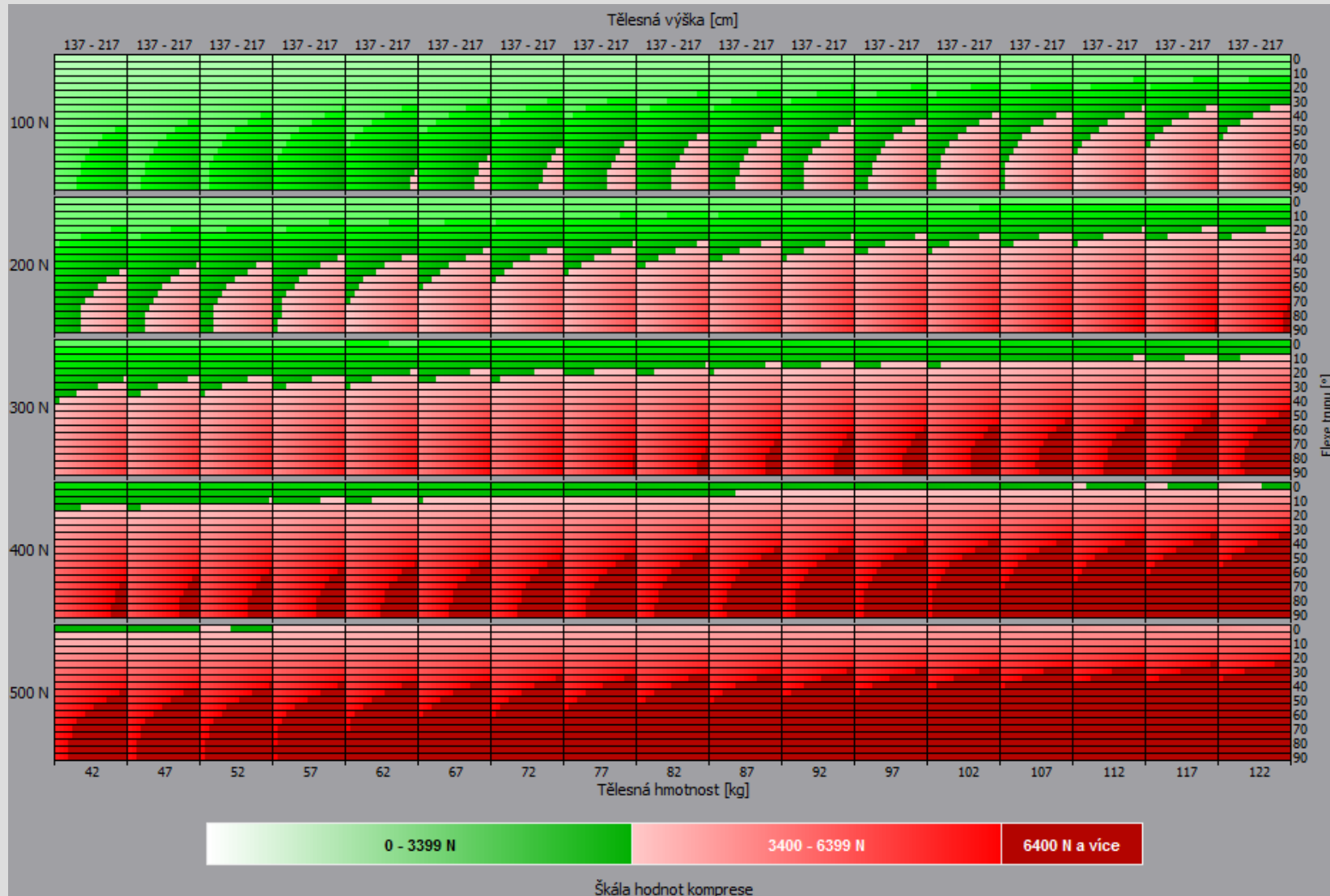
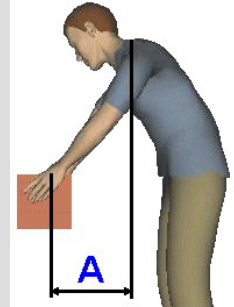
Otevřít

Uložit

Č.	Název úkonu	Těl. výška	Těl. hmotnost	Flexe (°)	Úklon (°)	Síla (N)	Typ úkonu	Vz. úchopu	Pol. r. svisle	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	Koupani_Jana_Vozik	174	73	0	0	0	TLAK	X	0	0	120	8	16,00	413,15

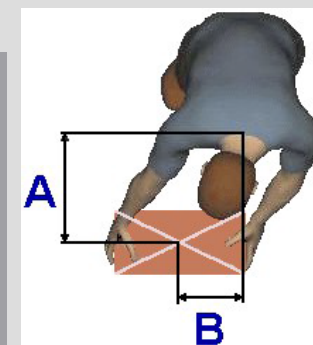
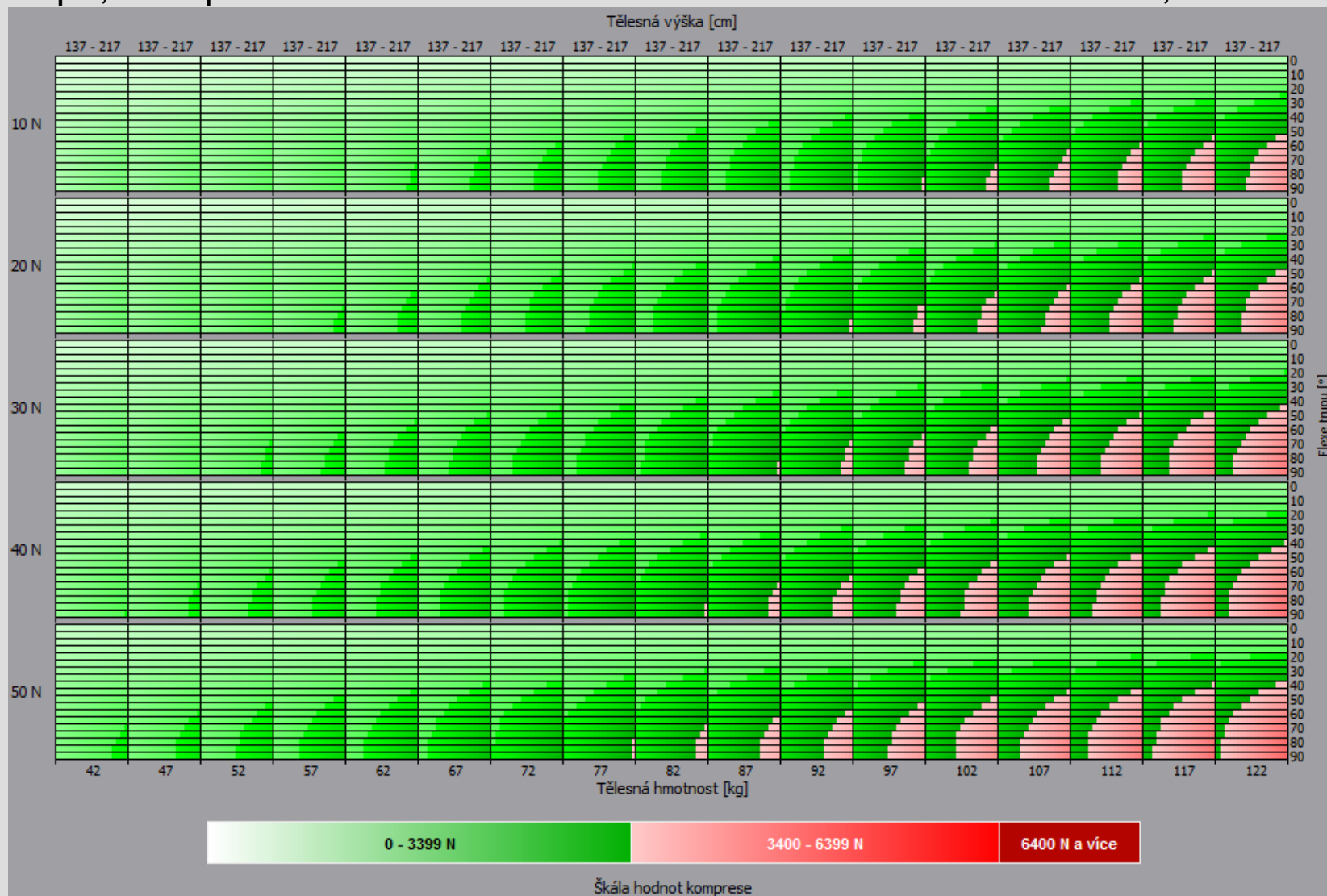
# Grafické znázornění komprese L4/L5, břemeno 10 - 50 kg

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 Pochopu břemene: A=30 cm.



# 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: A=30, B=20.





**Děkuji za pozornost**

**MUDr. Jana Hlávková**

**Ing. Petr Gad'ourek**

**Ing. Tomáš Lebeda**

**Bc. Tomáš Tichý**