

**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE**  
**FAKULTA BIOMEDICÍNSKÉHO INŽENÝRSTVÍ**  
**Katedra biomedicínské techniky**

**TÝMOVÝ PROJEKT**

**2012**

**Matěj Krupka**

**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE**  
**FAKULTA BIOMEDICÍNSKÉHO INŽENÝRSTVÍ**  
**Katedra biomedicínské techniky**

**Měření tlakového zatížení lidské nohy při in-line  
rychlobruslení**

Reakce chodidla a funkčního chování nohy při in-line  
rychlobruslení

Vedoucí projektu: Mgr. Aleš Tvrzník

Student: Matěj Krupka

leden 2012

# Abstrakt

PŘÍJMENÍ A JMÉNO AUTORA: Matěj Krupka

STUDIJNÍ OBOR: Biomedicínský technik

VEDOUcí PRÁCE: Mgr. Aleš Tvrzník

## Název:

Měření tlakového zatížení lidské nohy při in-line rychlobruslení

(část projektu „Reakce chodidla a funkčního chování nohy při in-line rychlobruslení“)

## Cíl práce:

Cílem této práce je zjistit tlakové zatížení chodidla v průběhu kroku při in-line bruslení. Popsat jednotlivé části kroku jak při sprintu, tak při pomalé jízdě, a porovnat rozdíly mezi nimi a zároveň umožnit srovnání s nejlepšími bruslaři světa. Práce má přiblížit problematiku in-line bruslení širšímu okruhu lidí, kteří dosud s bruslením na závodní úrovni nepřišli do styku, tak, aby mohli s in-line bruslaři dále pokračovat v měření a vyšetřování funkčního stavu jejich nohou.

## Metody:

Má práce má charakter pilotního experimentu, který jsem provedl sám na sobě a plánuji podle tohoto experimentu v práci pokračovat s širším vzorkem závodníků. V měření jsem provedl analýzu rozložení tlaku na stélku systému Pedar-X společnosti Novel. Rozebíral jsem u obou rychlostí jeden průměrný krok, který vygeneroval software systému, z několika kroků pro každou nohu. Měření proběhlo na přibližně 300 m dlouhé rovince, která byla chráněna před povětrnostními podmínkami, abychom zabránili změnám tlaků a polohy těžiště například v důsledku silnějšího poryvu větru.

## Výsledky:

V průběhu popisu fází kroku jsem zjistil některé nedostatky provedeného měření, které bude nutné propříště odstranit. Popsal jsem přenosy tlaku na stélce a délku určitých fází kroku a porovnal je s délkami fází při kroku Gregoria Duggenta (několikanásobný mistr světa na 300 a 200 m), které jsem odečítal z jednotlivých snímků videa jeho závodu, které jsou v knize P. Marcelloniho. Tím jsem umožnil srovnání našeho měření s jeho krokem.

V měření jsme také zjistili, že tlaky během sprintu a během pomalé jízdy našeho probanda nejsou nijak výrazně odlišné, a tedy že zrychluje jízdu hlavně frekvencí kroků, nikoliv silou odrazu.

Dokázal jsem rozdíly během sprinterské techniky a vytrvalostní techniky a zároveň odhalil některé nedostatky, které by bruslař mohl využít pro zlepšení výkonnosti.

### **Klíčová slova:**

Oporová fáze při in-line rychlobruslení, technika rychlobruslení, distribuce tlaku pod chodidlem při in-line rychlobruslení, tenzometrie, Pedar-X systém

# Summary

SURNAME AND NAME OF THE AUTHOR: Matěj Krupka

FIELD OF STUDY: Biomedical technician

SUPERVISOR: Mgr. Aleš Tvrzník

## Title:

Measurement of pressure loading of human foot during in-line speedskating

(one part of the project „Reaction behavior of the human foot and leg function in in-line speedskating“)

## The aim of the study:

The goal of my thesis is to find out the pressure distribution under the human foot during one step of in-line speedskating. To describe all parts of the sprint step and endurance (slow) step and to compare them with each other and also with the best skaters of the world. This work should explain the technique of speedskating to people, who haven't learned anything about this sport yet. Then they should be able to work with the skaters on next measurement and study of the function state of their feet.

## Methods:

My work has a character of a pilot study, which I did on my own. I plan to measure more skaters in the future. During a measurement I did analysis of pressure distribution during under the foot by using Novel Pedar-X systém. I have described one simple average step of two speeds for both legs. We did the measurement on 300 m long straightaway, which was protected from weather conditions like strong wind, which can affect the plantar pressure and the position of center of gravity.

## Results:

V průběhu popisu fází kroku jsem zjistil některé nedostatky provedeného měření, které bude nutné propříště odstranit. Popsal jsem přenosy tlaku na stélce a délku určitých fází kroku a porovnal je s délkami fází při kroku Gregoria Duggenta (několikanásobný mistr světa na 300 a 200 m), které jsem odečítal z jednotlivých snímků videa jeho závodu, které jsou v knize P. Marcelloniho. Tím jsem umožnil srovnání našeho měření s jeho krokem.

During the describing simple parts of the steps I have found some deficiencies of our measurement that must be in the next study changed. I have described changing of pressure distribution in every part of step and I have compared them with the same parts of the step of Gregorio Duggento (multiple world champion at 300 and 200 meters). I have had to check the times of his movement from simple video slides from his race, what I have found in Marcelloni's book. I have enabled to compare results of our measurement with times of his step.

In our study we used to find out, that the level of pressure load was almost the same during sprint like during slow skating, so we can say, that our skater normally speeds up just like a result of higher frequency of steps, not like a result of stronger push.

I have shown differences between sprint technique and endurance technique. I have also found some failures of movement. It could help the skater to improve his technique and to improve his skating level.

### **Key words:**

Stance phase of in-line speedskating, in-line speedskating technique, pressure distribution under the foot during in-line speedskating, tensometrics, Pedar-X system

# Poděkování

Úvodem mé práce bych rád poděkoval hlavně panu magistru Aleši Tvrzníkovi, který byl mým vedoucím v tomto projektu a věnoval mi mnoho času. Díky němu a jeho zájmu o méně známé a méně prozkoumané sporty jsem získal možnost dělat tuto práci na téma in-line rychlobruslení, kterému se věnuji a jehož problematika mě velmi zajímá.

Dále bych rád poděkoval Vědeckému a servisnímu pracovišti tělesné výchovy a sportu CASRI Praha, jehož je Mgr. Tvrzník zaměstnancem a které nám zapůjčilo veškeré potřebné vybavení, které jsme použili při měření.

V neposlední řadě patří můj dík slečně Nele Oberländerové, která ač nemá žádnou povinnost, tak přesto souhlasila s mou nabídkou spolupráce na tomto projektu a věnovala tomu také dost času.

# Prohlášení

Prohlašuji, že jsem týmový projekt s názvem

## **Měření tlakového zatížení lidské nohy při in-line rychlobruslení**

vypracoval samostatně a použil k tomu úplný výčet citací použitých pramenů, které uvádím v seznamu přiloženém k závěrečné zprávě.

Nemám závažný důvod proti užití tohoto školního díla ve smyslu §60 Zákona č.121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon).

V Praze dne 3. 1. 2012

.....

podpis



# Obsah

1. Úvod-----	1
2. Současný stav řešení-----	2
Popis jednotlivých fází kroku-----	2
Rozbor fází kroku při sprintu-----	3
Přenos těžiště-----	4
Položení brusle-----	5
Skluz-----	6
Odraz z vnitřní hrany brusle, který vychází z položení brusle na vnější hrany brusle nebo kolmo k zemi (koleček)-----	6
Zvednutí nohy po odrazu-----	7
Navrácení nohy zpět do původní pozice-----	8
Rozbor fází techniky při vytrvalostních závodech-----	8
Proč je Double-Push lepší než běžný odraz-----	8
Přenos těžiště-----	9
Položení brusle na zem + zároveň probíhající odraz z vnitřní hrany druhé nohy-----	9
Simultánní Double-Push pravé nohy + současný odraz z levé nohy + přenos váhy doprava-----	10
Double-Push pravou nohou + zvednutí a začátek přitahování zpět levé nohy-----	11
Odraz z vnější hrany pravé brusle + přenos těžiště doleva + přitahování levé nohy zpět pod tělo-----	12
Odraz z vnitřní hrany pravé brusle + přenos těžiště doleva + položení levé nohy + simultánní Double-Push levou nohou-----	13
Zvednutí nohy + Navrácení nohy zpět do původní pozice-----	13
Význam měření-----	13
Měření tlaků pod chodidlem-----	14
Charakteristika měřícího zařízení-----	15

3.	Použité metody -----	19
	Postup měření -----	20
	Příprava vložek do bot-----	20
	Přípevnění snímače Pedar-X-----	20
	Zapnutí softwaru Pedar a kalibrace vložek-----	21
	Měření-----	21
	Zpracování záznamů-----	22
4.	Experimentální část -----	23
	Rozbor po jednotlivých fázích kroku při sprintu -----	23
	Položení brusle na zem: -----	24
	Skluz-----	27
	Odraz z vnitřní hrany brusle, který vychází z položení brusle na vnější hrany brusle nebo kolmo k zemi-----	28
	Zvednutí nohy -----	32
	Navrácení nohy zpět do původní pozice a přesun těžiště-----	32
	Shrnutí měření sprinterské techniky -----	33
	Rozbor po jednotlivých fázích kroku při pomalé jízdě -----	34
	Položení brusle na zem + zároveň probíhající odraz z vnitřní hrany druhé nohy-----	35
	Simultánní Double-Push -----	37
	Double-Push -----	40
	Odraz z vnitřní hrany brusle -----	41
	Zvednutí nohy -----	43
	Navrácení nohy zpět do původní pozice + přenos těžiště -----	43
	Shrnutí měření vytrvalostní techniky při pomalé jízdě -----	44
5.	Závěr -----	46
6.	Seznam použité literatury -----	47
7.	Samostatné přílohy-----	48

# 1. Úvod

In-line rychlobruslení je u nás zatím vcelku neznámým sportem. Ve světě postupně roste jeho oblíbenost, tak věřím, že časem bude i u nás známým sportem a bude se mu věnovat mnoho studií jako je tato. V České Republice je v poslední době vidět velký rozmach in-line bruslení jako fitness aktivity, které se věnují takřka všechny generace, protože je pohyb na bruslích velmi příjemným zpestřením běžných sportovních aktivit. Zároveň bruslení velmi málo zatěžuje klouby, jak je to u běhu, proto se tomuto sportu může věnovat mnohem širší oblast lidí.

Z tohoto důvodu jsem byl velmi rád, že jsem dostal možnost se tomuto tématu věnovat a případným zájemcům přiblížit techniku in-line rychlobruslení. Touto prací také doufám v propojení dvou studijních oborů - biomedicínský technik a fyzioterapeut. Tyto kooperace mezi různými obory mohou vést k novým zjištěním a vylepšením stávajících metod měření a různých vyšetřovacích postupů.

Díky popisu přenosu tlaku v závislosti na technice bruslení umožňuji další zpracování výsledků lidem, kteří in-line bruslení doteď neznali, ale chtějí se mu věnovat ve výzkumu a experimentech. V mém popisu jednotlivých fází kroku lze vidět, které části chodidla jsou více a které méně zatěžovány, a tím třeba umožnit vývoj speciálních vložek do bruslí, které by mohly případně nepříznivé dopady in-line rychlobruslení eliminovat.

## 2. Současný stav řešení

Základy pohybu při bruslení nemají nic společného s přirozenými lidskými pohyby, jakými jsou chůze, běh, skákání. Tyto pohyby jsou vedeny v sagitální (předozaďní) rovině. Při bruslení probíhá pohyb, jestliže má být efektivní, ve třech rovinách zároveň - v sagitální rovině, frontální (pravolevé) rovině a v diagonální (odstředivě předozaďní) rovině. Ve všech sportovních odvětvích, kde hraje důležitou roli krok, je délka kroku hlavním posuzovaným prvkem. U in-line bruslení je vedle délky kroku důležitá i jeho šířka a hloubka.

Délka kroku je vzdálenost mezi prvním kolečkem pokládané brusle a prvním kolečkem druhé brusle v momentě, kdy jí bruslař začíná zvedat. Délka kroku je úměrná úhlu mezi stehnem a holení v momentě počátku odrazu.

Šířka kroku je vzdálenost mezi bruslemi v pohledu zředu. Odraz bude nejefektivnější v případě, když na rovince bude těžiště těla optimálně přeneseno na stojnou nohu.

Hloubka kroku je vzdálenost špiček bruslí z pohledu z boku. Rozsah kroku je optimální, když je odraz rozložen rovnoměrně na všechna kolečka brusle (Marcelloni).

### Popis jednotlivých fází kroku

Odraz bruslaře se dá teoreticky rozdělit na určité fáze, které charakterizují tento pohyb. Tyto fáze probíhají periodicky s frekvencí závislou na rychlosti jízdy. Typy techniky jízdy se dají popisovat podle tří modelů. Sprinterská technika, vytrvalostní technika dynamického odrazu a vytrvalostní technika Double-Push, takzvaný dvojitý odraz.

Při jízdě ve vytrvalostním závodě využívají bruslaři dvě různé techniky jízdy. Pro porovnání vypisují průběhy obou dvou způsobů. Jedna, zvaná Double-Push, velmi úspěšná technika využívaná až v posledních přibližně 10-ti letech, a druhá, zvaná dynamický odraz, využívaná hlavně mezi bruslařkami a bruslaři v dřívějších dobách nebo mezi bruslaři, kteří techniku Double-Push, neovládají (Marcelloni)

Tabulka č. 1: Tabulka jednotlivých fází kroku pro různé techniky jízdy

<b>Sprint</b>	<b>Technika dynamického skluzu</b>	<b>Double-Push</b>
Přenos těžiště	Přenos těžiště	Přenos těžiště
Položení brusle	Položení brusle	Položení brusle
Skluz	Progresivní dynamický skluz na vnější hraně brusle	Simultánní Double-Push
Odraz z vnější hrany brusle	Odraz z vnější hrany brusle	Double-Push
Odraz z vnitřní hrany brusle	Odraz z vnitřní hrany brusle	Odraz z vnější hrany brusle
Zvednutí nohy	Zvednutí nohy	Odraz z vnitřní hrany brusle
Navrácení nohy zpět do původní pozice	Navrácení nohy zpět do původní pozice	Zvednutí nohy
		Navrácení nohy zpět do původní pozice

První fází všech tří technik je přenos těžiště. Na přenosu těžiště je nejdůležitější správné a úplné provedení, které je nezbytné pro provedení fáze následující, tedy postavení nohy kolmo na podložku. Schopnost přenést veškerou váhu na pokládanou nohu umožňuje bruslaři ihned zahájit odraz na této noze a plynule tak navázat s odrazem z druhé nohy. Přenos váhy je proto nejdůležitější fází tréninku techniky, protože je to rozhodující element pro dosažení maximálního výkonu. Tato fáze odrazu je důležitá pro všechny výše uvedené techniky (Marcelloni).

Kromě toho je správný přenos váhy jediným prvkem techniky,

- který umožňuje rovnoměrně zatížit všechna kolečka během skluzové fáze a samotného odrazu,
- který zabraňuje odrazu přes první kolečko brusle,
- a který eliminuje nepříjemné a bolestivé otlaky uvnitř bruslí

## **Rozbor fází kroku při sprintu**

Popis sprinterské techniky podle předchozího rozdělení jednotlivých fází:

Pro využití k vyhodnocování výsledků jsem podle Marcelloniho knihy odečetl z časových sekvencí délky jednotlivých fází a vyjádřil je v procentech celkového kroku. Abych to později mohl srovnávat s měřením, budu považovat za začátek kroku nikoli přenos těžiště, ale položení brusle na zem. Jednotlivé časy můžete vidět v tabulce č. 2.

Tabulka č. 2: Tabulka trvání fází kroku G. Duggenta

<b>Sprint - G. Duggento</b>	<b>Čas (ms)</b>	<b>% kroku</b>
Položení brusle	60	15
Skruz	40	10
Odraz z vnější hrany brusle	160	40
Odraz z vnitřní hrany brusle		
Zvednutí nohy	20	5
Navrácení nohy zpět do původní pozice	160	40
Přenos těžiště	140	35
Celý krok	400	100

### **Přenos těžiště**

Odraz z levé nebo z pravé nohy, který začal položením brusle kolmo nebo mírně na vnější hranu koleček, natočí pánev bruslaře do pohybu v diagonálním (entero-laterálním) směru, tj. směr odstředivě dopředu.

Přenos váhy správně trvá po celou dobu odrazu a směr pohybu pánve je určen propnutím nohy a odrazem ze všech koleček. Směr odrazu je přesně opačný než směr pohybu pánve, tedy opět v diagonální rovině, ale ve směru postero-laterálním (odstředivě dozadu).

Fáze přenosu váhy je ukončena postavením druhé (neodrážející se) nohy na zem (Marcelloni).

Obrázek č. 1 - Tlak na pravou brusli a přenášen těžiště nad levou nohu



*Autor: R. Belia*

## **Položení brusle**

Tato fáze je společná pro všechny tři popisované techniky. Co se však při sprintu liší, je pozice nohy. Při sprintu koreluje moment posazení brusle na zem s maximálním propnutím odrazové nohy, dokud mají všechna kolečka ještě kontakt se zemí.

Z pohledu shora dochází k položení brusle mírně pod tělo a mírně na vnější hranu koleček, nebo kolmo k zemi. Čtyři referenční body na těle (první kolečko, koleno, kyčel a rameno) musí být v přímce nad sebou. V případě ramene nemluvíme o dokonalé přímce, spíše jde o to, aby se trup nepřetáčel do strany a nedocházelo k torzi. Obě ramena by měla zůstat v klidu a osa ramen (jejich imaginární spojnice) má být kolmo ke směru jízdy (Marcelloni).

Když brusle prochází pod tělem po dokončení návratu po posledním odrazu, mělo by koleno směřovat vpřed s určitou silou, švihem. Bruslař by měl položit nohu mírně (o pár centimetrů) před nohu druhou (viz hloubka kroku) a položit ji mírně na vnější hranu (Publow).

Položení brusle by mělo probíhat rovnoměrně, tzn. položit brusli na zem všemi kolečky najednou a koleno pokrčené nohy by při pohledu shora nemělo přesáhnout první kolečko. Brusle by měla mířit přímo vpřed (Marcelloni).

*Obr. č. 2 - Pokládání pravé brusle v době, kdy levá noha dokončuje odraz, ale ještě má všechna kolečka na zemi.*



*Zdroj: C. Lugea -Algunas Consideraciones sobre Biomecánica en el Patinaje de Velocidad*

## **Skluz**

Skluz následuje ihned po položení brusle na zem při maximální rychlosti. Končí zvednutím druhé nohy od země. U výkonnostního bruslení je tato fáze jedinou, při které má bruslař kontakt se zemí oběma nohama. Skluz je při sprintu extrémně krátký a trvá mezi 20 a 40 ms. Toto je jediná statická část celého pohybu, kdy jsou svaly v isometrické kontrakci (nenapínají se, ani nerelaxují). Správné provedení skluzu co nejvíce zkracuje zpomalení jízdy, které je způsobené právě isometrickou kontrakcí, tzn. žádným zrychlením.

Pozice bruslaře by měla zůstat stejná jako na konci předchozí fáze. Záměrem je umožnit precizní provedení odrazu (Marcelloni).

*Obrázek č. 3 - Doba skluzu - bruslař má obě dvě nohy v kontaktu se zemí.*



*Autor: R. Belia*

## **Odráz z vnitřní hrany brusle, který vychází z položení brusle na vnější hrany brusle nebo kolmo k zemi (koleček)**

Ihned po zvednutí odrazové nohy ze země končí fáze skluzu a následuje odraz - hnací akce. Zahájení celé odrazové fáze by mělo následovat co nejrychleji po zvednutí druhé nohy, která ukončila předchozí odraz. Z pozice, do které se bruslař dostal během skluzu, přechází bruslař do fáze odrazu, kdy propíná odrazovou nohu koncentricko-isotonickou kontrakcí (svaly se smršťují a ohýbají/natahují končetinu) extensorů stehna a hýždí.



Špička rámu (první kolečko) se mírně „otevívá“ od přímého směru a v tomto úhlu má tendenci zůstat po celou dobu odrazu druhé nohy. Váha se během tohoto „otevírání“ přenáší víc a víc na vnitřní hranu koleček (Marcelloni).

*Obrázek č. 4 - Položení brusle mírně na vnější hranu brusle, po kterém bude následovat přenos váhy na vnitřní stranu brusle a odraz.*



*Zdroj: [www.patincolombia.com](http://www.patincolombia.com)*

Odras např. z pravé nohy má za úkol přesunout těžiště na levou stranu. Po úplném propnutí pravé nohy v době, kdy jsou ještě všechna kolečka v kontaktu se zemí, začíná bruslař pokládat levou nohu. Zatímco se pravá noha finálně odráží ještě přes plantární flexi (propnutí kotníku), přechází levá noha do fáze skluzu.

Odras začíná vyvíjením tlaku na chodidlo, které je nejprve centrálně rovnoběžně zatíženo a posléze ukončen tlakem na nártní kosti palce. Odras je prováděn maximální silou ve správném směru vpřed. Kontakt všech koleček odrazové nohy by měl zůstat až do doby, kdy má bruslař úhel v kolenní 180°. Druhá noha by zase neměla být položena dříve, než je odraz kompletně dokončen. Ten končí až plantární flexí a odrazem přes první kolečko (Marcelloni).

### **Zvednutí nohy po odrazu**

Zvedání nohy je krátký moment, při kterém by se brusle měla zdvihnout nejméně, jak to jde. Brusle by se měla takřka dotýkat země. Ihned po zvednutí nohy následuje její pokrčení v kolenní tak, aby se první kolečko náhodou při pohybu zpět nedotklo země. Současně

s touto fází začíná odraz z druhé nohy. Ihned po zvednutí nohy bruslař přejde do další fáze - vracení nohy zpět pod tělo (Marcelloni).

### **Navrácení nohy zpět do původní pozice**

Tato poslední fáze vyžaduje precizní provedení, jinak negativně ovlivní všechny následující fáze kroku.

Po odrazu, např. pravé nohy, začíná pohyb z čelního pohledu addukcí (přitažením) celé nohy směrem doleva (levá noha je mezitím v odrazové fázi).

Dále pohyb pokračuje jen v sagitální rovině a končí až v momentě, kdy se brusle nachází bok po boku. Na závěr odrazové fáze levé nohy se pravá noha posouvá z frontální roviny tak, aby byla ve správné pozici pro fázi položení na zem.

Pohyb navrácení nohy by měl mít eliptický tvar a má vždy končit bok po boku s druhou bruslí. Pohyb musí být přesně synchronizován s odrazem druhé nohy tak, aby trval stejně dlouho jako odraz a bruslař tím tedy předešel předčasnému položení brusle na zem (Marcelloni).

## **Rozbor fází techniky při vytrvalostních závodech**

Výše jsem psal, že na vytrvalostní závody jsou známy dvě techniky odrazu. Rozdíl mezi těmito dvěma technikami a technikou při sprintu je hlavně ve frekvenci kroků. Trvání jednoho kroku se u sprinterů pohybuje v rozmezí od 380 do 420 ms (tyto časy byly určeny z fotografií a videí ze závodů tří nejlepších bruslařů na mistrovstvích světa 1997 - 2002, s tím, že frekvence snímků byla 25 Hz - jeden snímek za 0,04 s). U následujících dvou technik se doba odrazu výrazně zvyšuje. Podle studie techniky Luca Prestiho (velmi úspěšný vytrvalostní závodník) z roku 2003 byla doba jednoho kroku během vytrvalostního závodu na dráze v posledním kole přes 0,5 s (Marcelloni).

Techniku Double-Push představil roku 1993 na juniorském mistrovství Severní Ameriky fenomenální Chad Hedrick. Nejprve veřejnost nazývala tento styl jako nůžky (scissors), podle překřížení nohou při fázi Double-Push, nebo také jednoduše Chadova technika. Nakonec se ujal název podle základu této techniky, tedy dvojitého odrazu (Krupková).

### **Proč je Double-Push lepší než běžný odraz**

Největší význam Double-Pushe je v tom, že využívá normálně statickou fázi kroku (skluz) k odrazu. Propínání nohy a odraz na vnější hraně brusle pomáhá ke zrychlení stejně jako běžný odraz z vnitřní hrany koleček (popsaný výše). Výsledkem tedy je, že bruslař udělá

během jednoho kroku více celkové práce pro pohyb vpřed než při běžné technice bruslení (Publow).

Vytrvalostní techniky budou popsány najednou, jen s uvedenými rozdíly v jednotlivých fázích kroku.

### **Přenos těžiště**

Přenesení těžiště je vždy iniciováno postero-laterálním odrazem ze všech koleček. Důležité je, že ještě těsně před položením druhé nohy na zem není odrazová noha v úplném propnutí. Znamená to tedy, že prodlužujeme fázi skluzu, kdy jsou obě nohy v kontaktu se zemí. Tato fáze je shodná pro oba typy techniky (Marcelloni).

*Obrázek č. 5 - Přenos těžiště v postero-laterálním směru, pravá noha je stále ve vzduchu.*



*Autor: M. Krupka*

### **Položení brusle na zem + zároveň probíhající odraz z vnitřní hrany druhé nohy**

Pro lepší vysvětlení budu popisovat krok s odrazem z levé nohy, tzn. pokládána brusle je v tomto případě pravá.

Při těchto technikách bruslař pokládá nohu ve směru naprosto kolmém k zemi přesně na vrchol koleček. Pravá strana těla by tak měla mít výše zmíněné čtyři referenční body v přímce (první kolečko, koleno, kyčel a rameno). S tímto postavením souvisí také směr položení nohy, který musí být přímo vpřed, nikoliv do stran.

Správně provedené položení nohy a přenesení váhy umožní provést dokonalý odraz z levé nohy, který musí zároveň překonat valivý odpor zatížené pravé nohy. Proto musí bruslař pravou nohu položit přesně ve směru jízdy, aby předešel „brždění“, které by tak vzniklo.

Tato fáze je stále stejná pro obě dvě techniky (Marcelloni).

Obrázek č. 6 - Položení brusle na zem kolmo k podložce, kolečka směřují přímo ve směru jízdy (červenou čarou je znázorněna kolmice protínající čtyři referenční body).



*Autor: M. Krupka*

### **Simultánní Double-Push pravé nohy + současný odraz z levé nohy + přenos váhy doprava**

Po posazení nohy kolmo k podložce přechází pravá noha do fáze simultánního Double-Pushe. Celkový pohyb vpřed je stále veden z odrazu levou nohou, avšak tento odraz zároveň nadále přenáší těžiště bruslaře dál přes pravou nohu, což právě vede k rozdílu v technikách a zahajuje tak simultánní Double-Push (Marcelloni).

Obrázek č. 7 - Přenos váhy antero-laterálním směrem (doprava dopředu) - ve směru původního odrazu levou nohou



*Autor: M. Krupka*

Fáze skluzu je tímto eliminována, protože ač je levá noha v isometrické kontrakci, začíná pravá noha s odrazem Double-Push. Doba, kdy má bruslař obě nohy na zemi, se tedy zvětšuje až pětinasobně, avšak i v tomto momentě se bruslař odráží a neztrácí tedy rychlost.

Náklon na vnější stranu pravé brusle a celé spojnice referenčních bodů se tedy nadále zvětšuje (spojnice je zvýrazněna červenou čarou v obrázku č. 7). To je základní podmínkou, která bruslaři umožní odraz pravou nohou do stejného směru, jako probíhá zároveň odraz levou nohou, tedy směr odstředivě doleva dozadu. Bruslař se tak pravou nohou odráží „pod sebe“ (viz šipka v obrázku č. 7). To umožní bruslaři nadále přenášet váhu antero-laterálně, což je vlastně pohyb, kterým bruslař zrychluje. Na první pohled se tato technika může zdát velmi podobná, avšak ve skutečnosti se jedná o dynamický progresivní skluz na vnější hraně.

Tato fáze techniky Double-Push se shoduje s fází progresivního skluzu na vnější hraně z druhé zmiňované vytrvalostní techniky. Technika dynamického odrazu zde pokračuje rovnou fází odrazu z vnitřní hrany brusle (Marcelloni).

### **Double-Push pravou nohou + zvednutí a začátek přitahování zpět levé nohy**

Double-Push pravou nohou začíná současně se zvedáním levé nohy.

Vertikální osa těla se tedy naklání stále více ven díky odrazu a setrvačnosti těla. V této fázi se noha dostává více pod tělo a následně bruslař začne tlačit vnější hranou pravé brusle do země (rovná šipka v obr. č. 8). Brusle nadále sleduje přímý směr jízdy, aby se bruslař nebrzdil. Toto celá trvá přibližně 120 ms. V tento moment začíná fáze odrazu z vnější hrany, při které se špička brusle natáčí do směru ven. To je směr takový, aby se bruslařova vertikální osa dostala zpět do kolmé polohy a bruslař měl pravou nohu opět svisle pod pravou kyčlí (směr zahnuté šipky v obr. č. 8) (Marcelloni).

Obrázek č. 8 - Double-Push - pravá brusle zahajuje oblouk a zároveň se propíná v koleni, čímž probíhá odraz.



*Autor: M. Krupka*

Levou nohu v této chvíli začíná bruslař přitahovat zpět k tělu tak, jak je popsáno ve sprinterské technice.

### **Odraz z vnější hrany pravé brusle + přenos těžiště doleva + přitahování levé nohy zpět pod tělo**

Tato fáze trvá přibližně 240 ms. Během ní bruslař vede pravou brusli zpět (směrem doprava) a je iniciována zprvu tlakem na patu pravé nohy s tím, že posléze je tlak rozložen rovnoměrně na celé chodidlo. Tento odraz je tedy opět ze všech koleček současně a měl by směr brusle je trochu ven (červená šipka). Pravá noha tedy ihned po jejím položení vykoná

*Obrázek č. 9 - Odraz z vnější hrany*



*Autor: M. Krupka*

na zemi imaginární čáru ve tvaru písmene S (obr. č. 40 v přílohách) a překříží tak z frontálního pohledu levou nohu, která je v ten moment ve vzduchu a vykonává fázi zpětného přitažení nohy, která je naprosto shodná jako při sprinterské technice (Marcelloni).

### **Odraz z vnitřní hrany pravé brusle + přenos těžiště doleva + položení levé nohy + simultánní Double-Push levou nohou**

Odraz z vnitřní hrany pravé nohy trvá až do úplného propnutí nohy v kolenu, dokud mají všechna kolečka kontakt se zemí. Odraz trvá přibližně 320 ms. Váha těla je na začátku rozložena celém chodidle a v průběhu odrazu se přesouvá na špičku.

*Obrázek č. 10, 11 a 12- Průběh odrazu z vnitřní hrany brusle postero-laterálním směrem*



*Autor: M. Krupka*

Zároveň s odrazem pravou nohou vrací bruslař levou nohu pod tělo a pokládá ji na zem (viz Položení brusle na zem). Z položení levé nohy přechází rovnou do simultánního Double-Pushe , který byl již také popsán.

### **Zvednutí nohy + Navrácení nohy zpět do původní pozice**

Zvednutí pravé nohy po odrazu a její návrat pod tělo probíhá stejně, jako je popsáno při technice sprintu. Proto zmíním jen to, co v té době dělá noha levá.

Ta po simultánním Double-Push fáze z předchozí fáze naváže na samotný Double-Push a odraz z vnější hrany, po kterém následuje přenos váhy a odraz z vnitřní strany levé nohy.

To vše je již popsáno výše u odrazu z pravé nohy. A tím se uzavírá cyklus jednoho kroku techniky při vytrvalostním bruslení (Marcelloni).

## **Význam měření**

K optimalizaci techniky pohybu bruslaře je velmi důležité znát rozložení zátěže na chodidle. Nohy jsou jediným nosníkem mezi tělem a zemí a mají proto velký význam při

určení polohy těla v prostoru. V in-line bruslení je také velmi důležité měřit rozložení zatížení zbytku těla od chodidel nahoru. Například studie S. Brandoliniho o vlivu dolní čelisti na držení těla: "Potvrzení vztahů pomocí stabilometrické plošiny", upozorňuje na změny v držení těla v závislosti na různé poloze dolní čelisti (Belia). Tématu významu polohy těla na zatížení chodidel se však podrobněji věnovat nebudu, protože by se jednalo o další velmi složité měření.

Ve vzpřímené poloze je ve skutečnosti váha těla přenášena do země přes chodidlo, které je díky své pružné struktuře schopna absorbovat zatížení a chránit jemnější struktury těla proti velkým otřesům. Jedná se o strukturu chodidla založenou na třech bodech dotyku, které můžeme vidět v příloze na obrázku č. 41. Zaprvé jde o mediální stranu přední části chodidla, což odpovídá prvnímu metatarsu. Druhý bod je na vnější straně chodidla. Ten odpovídá hlavicím čtvrtého a pátého metatarsu. Poslední bod je vzadu na chodidle, kde noha stojí na patní kosti (Belia).

Mezi těmito třemi body chodidla jsou určité klenby, díky kterým je chodidlo schopno pružit. Této stavbě nohy a závislosti jejího zatížení na pohybu při in-line bruslení se věnuje moje kolegyně Nela Oberländerová, se kterou na tomto projektu spolupracuji. proto tuto problematiku nebudu dále rozebírat, protože by to chtělo detailnější popis.

## **Měření tlaků pod chodidlem**

Na téma biomechanika in-line bruslení existují studie již z 90. let 20. století, kdy byl také poprvé popsán Double-Push, když díky němu získal fenomenální bruslař Chad Hedrick 50 titulů mistra světa.

Měření se od té doby značně zpřesnilo a zlepšilo, proto je v dnešní době možné měřit takřka cokoliv. V roce 2004 bylo například provedeno biomechanické zkoumání několikanásobného mistra světa Yanna Guyadera, který byl měřen na širokém běžeckém páse a snímán infrakamerami a také systémem Pedar-X na snímání tlaků pod chodidlem. Výsledky jsou však pravděpodobně uschovány pro osobní použití trenérů, kteří se na výzkumu podíleli, aby se nepřipravili o své „know-how“.

Měření tlaků se také provádělo v Německu, kde však měřenými bruslaři byli zástupci fitness kategorie, u kterých se technika výrazně liší od závodníků. Nicméně postup měření by měl být stejný.



Měření probíhalo v indoor-hokejové hale tak, aby byly pro všechny probandy stejné podmínky. Všichni bruslaři měli jednotná kolečka a stejný model bruslí, aby bylo minimalizováno zkreslení měření těmito vlivy. Bruslaři jezdili rychlostí 18 a 24 km/h s přesností  $\pm 5\%$ , která byla kontrolována pomocí radaru (Eils)

Během měření se zjistilo, že fitness bruslaři se odrážejí z vnitřní hrany chodidla a rovnoměrně celou délkou brusle. Tlak se rostl s rychlostí jen minimálně, ale měnil. Více rostl hlavně v regionech, kde neprobíhá hlavní odraz, tedy ve vnějších částech chodidla (Eils).

Také tyto tlaky porovnávali tlaky při běhu, které byly naměřeny již dříve. Ve srovnání se ukázalo, že in-line bruslení zatěžuje nohy takřka 4 krát méně než běh. Nárazy, kterými vzniká při běhu v některých částech chodidla tlaky v rámci 2 kPa, jsou při fitness bruslení eliminovány a ještě k tomu rozloženy na větší plochu chodidla, takže není noha natolik zatěžována (Eils).

Měření zatížení chodidel je možné provést pomocí stabilometrické plošiny, která zjišťuje polohu těžiště těla v průmětu na podložku pod chodidly. Ta detekuje hmotnost osoby distribuovanou do nohou a také změny rozložení sil při kývání, které vykoná tělo měřené osoby za jednotku času. Shromážděná data zpracovává systém, který umožňuje i online analýzu a srovnání (Belia).

V našem případě nebudeme měření provádět pomocí stabilometrické plošiny, protože toto měření je statické, nikoliv v pohybu. Nejistili bychom tedy zatížení nohou v průběhu in-line bruslení. K tomu nám vhodně poslouží systém Pedar, který funguje také na principu tenzometrů, jenže v případě Pedaru je senzorů mnohem více a ještě jsou uvnitř boty a dovolují tak neomezený pohyb s těmito senzory pod chodidly.

## **Charakteristika měřícího zařízení**

Pedar je přesný a spolehlivý měřící systém pro snímání rozložení tlaku mezi chodidlem a botou. Pedar-X nabízí všestranné využití s mnoha standardními funkcemi a provozními režimy. Systém lze připojit k počítači pomocí USB sběrnice. Lze také využít vestavěného Bluetooth, díky kterému umí Pedar komunikovat se všemi přístroji, které jsou s Bluetooth TM kompatibilní. V neposlední řadě je alternativou vestavěná flash paměť, která umožňuje zachycovat data kdekoli mimo dosah počítačů a později je stáhnout do PC. Díky těmto vlastnostem je Pedar systém velmi mobilní a flexibilní a lze ho využít takřka pro všechny

sportovní odvětví jako je běh, chůze, horolezectví, bruslení, běh na lyžích, skoky na lyžích, golf, cyklistika, míčové sporty a mnoho dalších.

Pedar využívá elastické stélky do bot (Obrázek č. 13), ve kterých je 99 přesně definovaných senzorů, které pokrývají celou plochu chodidla. Pedar zároveň umožňuje propojení s mnoha dalšími systémy, jako je například EMG systém (snímání elektrické aktivity svalů), nebo videokamera pro lepší zpracování výsledků ([www.novel.de](http://www.novel.de)).

Obrázek č. 13 - Kalibrační zařízení Trublu s tenzometrickými stélkami Pedar-X



Zdroj: [www.novel.de](http://www.novel.de)

Systém pracuje na frekvenci 50-100 Hz, což znamená, že výsledky je schopen snímat až jednou za 0,01 s. Elastické vložky se individuálně přizpůsobí tvaru lidské nohy, a tím měří nejen tlak v rovině, ale měří i plastické rozložení na určité části nohy.

Pomocí tohoto systému lze zaznamenávat a zobrazovat rozložení tlaku chodidla na podložku a jiné časoprostorové charakteristiky během zatížení nohy. Změny těchto charakteristik v průběhu oporové fáze pohybové aktivity je možné dále vyhodnocovat. (Gerych)

**Pedar-X systém dokáže snímat a zobrazit tyto charakteristiky:**

- Online zobrazení tlaku ve 2D nebo 3D
- Vyobrazení maximálního tlaku ve 2D nebo 3D
- Izobarické zobrazení tlaku
- Číselné zobrazení tlaku
- Animace jednotlivých částí oporové fáze
- Výběr kteréhokoliv kroku nebo libovolného počtu kroků
- Časová analýza kroků (doba trvání oporové a letové fáze)
- Zobrazení centra tlaku a jeho dynamiky
- Zobrazení kontaktní plochy

- Zobrazení maximální síly (maximální tlak/kontaktní plocha)
- Zobrazení maximálního tlaku, síly a kontaktní plochy v závislosti na čase
- Zařízení rovněž umožňuje synchronizaci s jinými systémy, jako např. EMG nebo různými kamerovými systémy pro analýzu chůze či běhu (Gerych).

Software Pedar automaticky dopočítává také silové zatížení jednotlivých senzorů a také zatíženou plochu. Zároveň s tím umí systém měřit i trvání oporové fáze, neboli čas, po který je vložka jakkoliv malým tlakem zatížena. Vše se dá nastavit tak, aby bylo chodidlo rozděleno až na sedm sektorů (mediální část paty, laterální část paty, střed chodidla, mediální nárt, laterální nárt, palec a ostatní prsty), ze kterých software udělá jednotlivé výsledky (Tvrzník).

Stélkami naměřená data jsou ukládána na kartu, která je běžci upevněna na opasek. Vnitřní kapacita přístroje je 32 MB. Kapacita vnitřní paměti umožňuje při frekvenci snímání 50 Hz uchovat množství dat odpovídající přibližně 1 hodině souvislé pohybové aktivity (Gerych).

Data je rovněž možné on-line bezdrátově přenášet do PC. Z praktického hlediska je důležité, že celé zařízení zásadně nelimituje pohybovou činnost a je schopné měřit i v rádech desítek minut, při běhu tak zaznamenat i tisíce kroků (Tvrzník).

*Tabulka č. 3 - Vlastnosti systému Pedar-X*

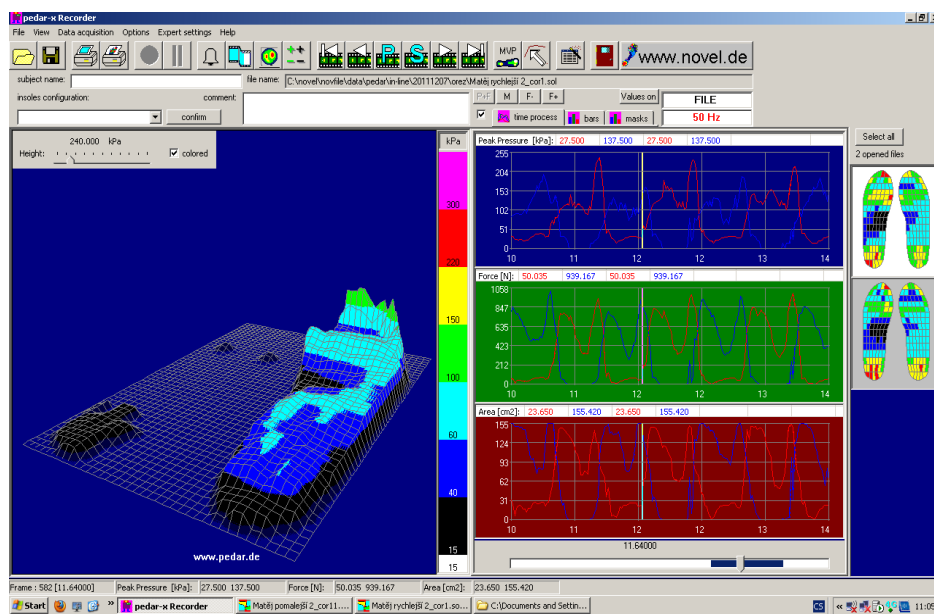
velikosti vložek	22 až 49
tloušťka senzorů (mm)	1.9
tloušťka vedení (mm)	1.5
počet senzorů	84 - 99
rozsah pro měření tlaku (kPa)	15 - 600
hystereze (%)	< 7
rozlišení (kPa)	2.5
Ovlivnění teplotou (kPa/K)	< 0.5
frekvenční rozsah (0-100 Hz)	< 2dB
min. poloměr ohybu (mm)	20
změna tlaku způsobená ohnutím (kPa)	< 20

*Zdroj: [www.novel.de](http://www.novel.de)*

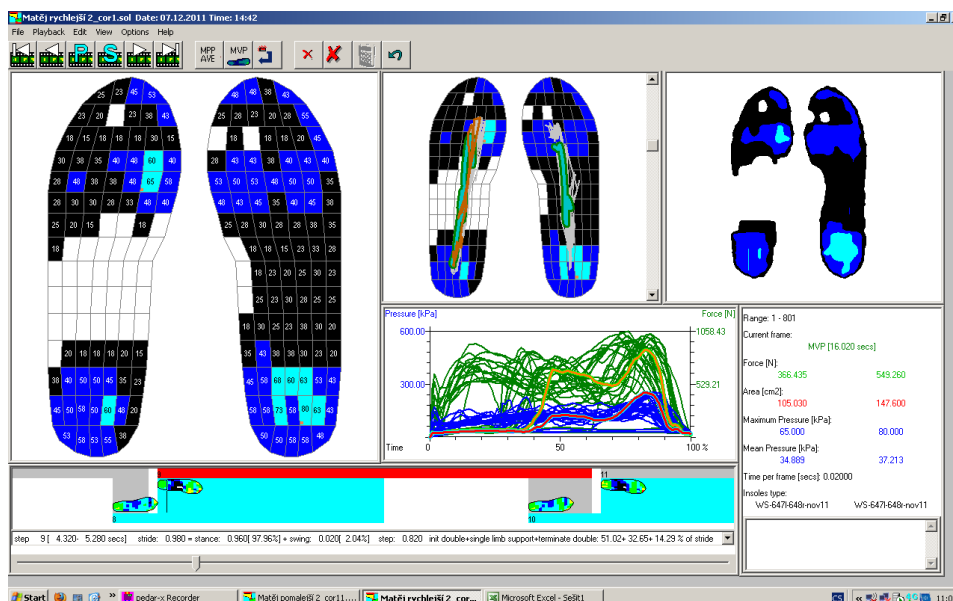
Při našem experimentu byl pro vyhodnocení naměřených dat použit software Pedar-X Standard, verze 19.3.30, (Obrázek č. 14 a 15). Tento software mimo jiné umožňuje

prohlížení a spuštění pořízeného záznamu v reálném čase nebo sledovat detailní průběh kteréhokoli kroku od zobrazení místa prvního kontaktu nohy s podložkou až po zobrazení místa posledního kontaktu. Při rozdělení stélky na několik sektorů software umožňuje vyhodnocovat všechny měřené parametry jak pro každý segment zvlášť, tak celkově. Výsledky umožňuje software také zobrazit pomocí databázového modulu Novel database essential (Gerych).

Obrázek č. 14 - Pedar-X Standard software - 3D zobrazení distribuce tlaku, křivky pro zobrazení maximálního tlaku, maximální síly a zatížené plochy pro obě nohy.



Obrázek č. 15 - Pedar-X Standard software - zobrazení distribuce tlaku během jednoho kroku



### 3. Použité metody

V této části své práce popíšu, jak postupovalo měření, které jsem prováděl.

Jednalo se o měření tlaků pod chodidlem při in-line rychlobruslení. Měření proběhlo za pomoci systému Pedar-X od firmy Novel. Využívali jsme online přenosu záznamu do počítače pomocí Bluetooth, který byl vysílán pomocí samotného přístroje Pedar-X přes anténu nalepenou na helmě.

*Obrázek č. 16 - Přístroj Pedar-X*



*Zdroj: Novel.de*

Rozhodli jsme se udělat měření na podobný způsob, jako bylo děláno v Německu s fitness bruslaři, kdy měřili jízdu ve dvou rychlostech, aby se dal pozorovat rozdíl v tlacích a v technice jízdy.

*Obrázek č. 17 - Připevnění antény na helmě pro vysílání Bluetooth*



*Autor: N. Oberländerová*

Pro naše vyhodnocování je ovšem problematické určit jednu rychlost tak, aby to byla rychlost sprintu pro více bruslařů zároveň, poněvadž každý bruslař má své maximum jinde. Proto jsme se rozhodli udělat jedno měření v subjektivně pomalé vytrvalostní jízdě a druhé

měření při sprintu nezávisle na rychlosti. Aby se dalo objektivně zhodnotit, zda bruslař jede svou maximální rychlostí, museli bychom měřit zároveň množství laktátu v krvi, což se ovšem projeví až po delší době, nikoliv po 300 m jízdy. Proto jsme se rozhodli pro měření při subjektivním sprintu a pomalé jízdě.

Měřili jsme kvůli povětrnostním podmínkám (dešti a větru) v podloubí Strahovského stadionu, kde je cca třísetmetrová rovinka v závětrří a pod střechou. Dlaždicový povrch nebyl bohužel pro bruslení ideální, ale s rychlobruslařskými kolečky o průměru 110 mm nejsou menší spáry a nerovnosti takový problém. Přesto by asi bylo lepší měřit na hladkém povrchu bez nerovností.

## Postup měření

### Příprava vložek do bot

Před měřením musíme vzít v potaz velikost vložek, které použijeme. Vložka musí být o něco málo menší, než je plocha plosky brusle, aby se zabránilo zvlněním vložky a jejímu poškození a nepřesné měření.

*Obrázek č. 18 - Umístění vložek do brusle*



*Zdroj: Novel.de*

Po vybrání správné velikosti jsme opatrně vložili vložku do boty tak, aby se během aplikace nikde výrazně neohýbala a nekroutila, aby se nepoškodily kontakty. Vložky jsou různé do levé a pravé brusle, proto dbáme na to, aby vedení, kterým se nese signál z vložek ven, bylo z vnější strany kotníku.

### Přípevnění snímače Pedar-X

Samotný snímač Pedar-X jsme umístili do pružného látkového opasku, který měl bruslař kolem pasu. Snímač jsme spojili s oběma vložkami pomocí kabelů, které jsme ještě pod kolenem a na stehně přidrželi pomocí pásků na suchý zip, aby bruslaře nijak neomezovaly

v pohybu. Ke snímači jsme také připojili kabel od antény, abychom mohli měření online sledovat i na větší vzdálenost.

*Obrázek č. 19 - Připevnění systému Pedar-X na bruslaře - na hrudním pásu je snímač Pedar-X, ke kterému jsou připojeny stélky v bruslích pomocí kabelů, které vedou podél nohou.*



*Autor: N. Oberländerová*

Nakonec jsme celou aparaturu překryli ještě jedním látkovým pružným pásem, aby nehrozilo vypadnutí systému z pásu při pohybu a aby se na bruslaři nijak nehýbal a ten měl tak nerušený pohyb.

### **Zapnutí softwaru Pedar a kalibrace vložek**

Před měřením musíme vložky zkalibrovat. Kalibrací nás provedl sám program, který na monitoru ukazuje požadované úkony. Jednalo se o stoj na jedné brusli po dobu cca 5 s, aby si přístroj bruslaře zvažil a podle toho se zkalibroval. Totéž jsme dělali i pro druhou nohu, načež jsme byli připraveni k měření.

### **Měření**

Spustili jsme nahrávání záznamu s frekvencí 50 Hz, tedy jeden snímek za 0,02s, a provedli dvě měření na 300 m dlouhé rovince pro každou rychlost, tedy dvakrát pro subjektivně volnou, vytrvalostní jízdu a dvakrát pro sprint.

Po ukončení každého jednoho měření jsme záznam ukončili a uložili.

## **Zpracování záznamů**

Pro přesnější výsledky bylo nutné nejprve z každého záznamu oříznout prvních a posledních 5 kroků, abychom zmenšili rozdíly mezi jednotlivými kroky. Kroky při rozjíždění a zrychlování jsou odlišné od zbytku kroků, proto by nám znehodnocovaly měření.

Poté systém sám rozpozná jednotlivé kroky (pokud jsou vložky správně zkalibrované a při zvednuté noze ukazují opravdu nulové zatížení) a z nich vypočítá jeden průměrný krok, ze kterého udělá podrobné statistiky.



## 4. Experimentální část

Mým úkolem je popsat rozklad sil pod chodidlem v závislosti na technice jízdy. Rozbor začnu u rychlejší jízdy a budu využívat popsanou techniku podle Marcelloniho, ke které budu připojovat výsledky z měření.

*Tabulka č. 4 - Charakteristika měřeného bruslaře*

Věk	21 let
Výška	180 cm
Hmotnost	76 kg

### Rozbor po jednotlivých fázích kroku při sprintu

Na začátek bych chtěl v tabulce č. 5 přiblížit některé údaje, které budu později využívat.

*Tabulka č. 5 - Tabulka doby kontaktní a letové fáze pro obě nohy při sprintu*

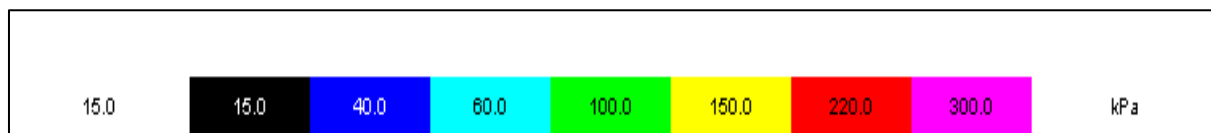
Levá noha	
počet kroků	14
doba kontaktu se zemí (ms)	975,7
doba bez kontaktu se zemí (ms)	52,5
doba celého kroku (ms)	1028,2
Pravá noha	
počet kroků	15
doba kontaktu se zemí (ms)	636
doba bez kontaktu se zemí (ms)	360
doba celého kroku (ms)	996

V měření je počátek jednoho kroku moment, kdy se objeví na prvním senzoru nějaký tlak. To je v momentě položení brusle na zem. Proto si dovolím uvažovat tento okamžik jako začátek celého cyklu jednoho kroku. Náš cyklus tedy končí přenosem váhy, který Marcelloni bere jako fázi první.

Ve výsledcích uvádím také dobu trvání jednotlivých fází. Tyto časy jsou pouze přibližné, protože jsem je musel dopočítávat podle délky průměrného kroku a odečítat tyto hodnoty podle jednotlivých zaznamenaných snímků. Také není nikdy přesné určení konkrétního momentu počátku fází, ani jejich přesného konce. Pro obraznost to však poslouží dostatečně.

Všechny následující obrázky jsou zobrazením tlakového zatížení stélky. Barevná škála, která určuje hodnoty pro jednotlivé senzory je na obrázku č. 20.

Obrázek č. 20 - Barevná stupnice pro zobrazení hodnot jednotlivých tlaků



### Položení brusle na zem:

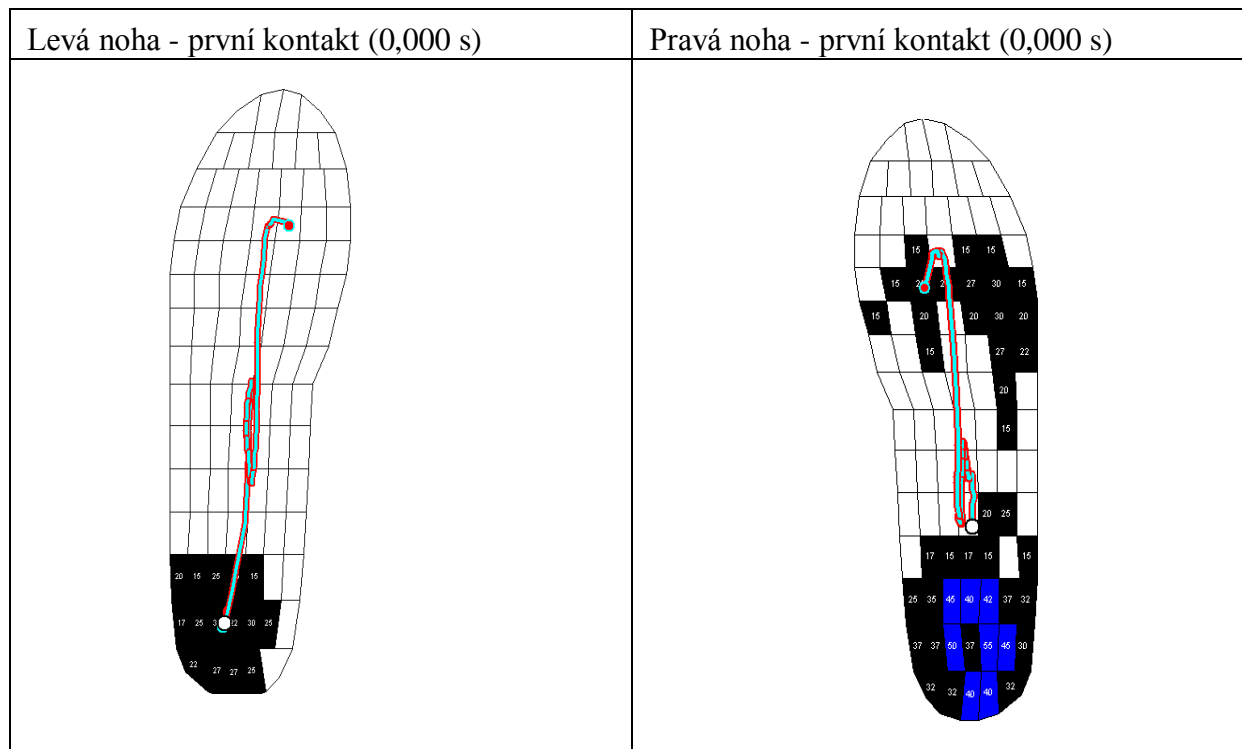
#### Shrnutí pohybu:

Z pohledu shora dochází k položení brusle mírně pod tělo a mírně na vnější hranu koleček, nebo kolmo k zemi. Čtyři referenční body na těle (první kolečko, koleno, kyčel a rameno) musí být v přímce nad sebou. Položení brusle by mělo probíhat rovnoměrně, tzn. položit brusli na zem všemi kolečky najednou (Marcelloni).

Tato fáze by na měření měla vypadat jako postupné narůstání síly (postupné zatěžování nohy), avšak ne ještě tak výrazné, protože většina váhy je stále na druhé noze.

#### Promítnutí pohybu do tlaku v brusli:

Obrázek č. 21 - První kontakt brusle se zemí



Z obrázku číslo 21 můžeme vidět, že u levé nohy je první naměřený kontakt se zemí přes patu, ač má být celou nohou. Toto však může být chybou při měření, když systém

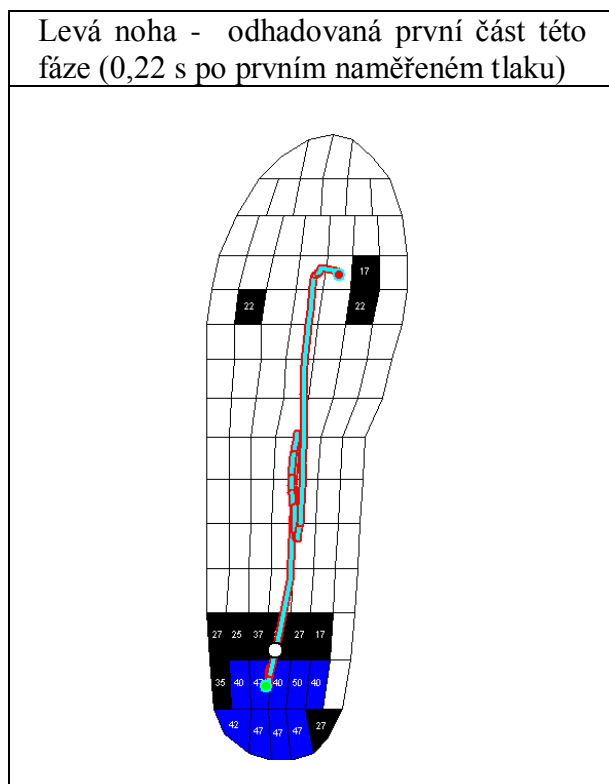
zaznamenal tlak i během letové fáze nohy. Tím pak nastane i chybné změření délky kontaktní a letové fáze.

Na rozdíl od levé nohy je pro pravozu nohu měření pravděpodobně správné. Pravou nohu pokládá proband na celou nohu avšak s mírně větším tlakem na patu. To je vidět i na aktuální poloze těžiště, které je vyznačené bílou tečkou a je spíše v dorzální části plosky.

Z obrázku pro pravou nohu je trochu vidět tendence pokládat brusli s mírnou supinací, tedy postavením chodidla nejdříve na vnější hranu, poté teprve následuje rozložení váhy na celou plosku

Pro levou nohu je sice naměřený první kontakt se zemí zobrazený v obrázku č. 21, ale pravděpodobný reálný moment položení levé nohy je v momentě zobrazeném na následujícím obrázku č. 22.

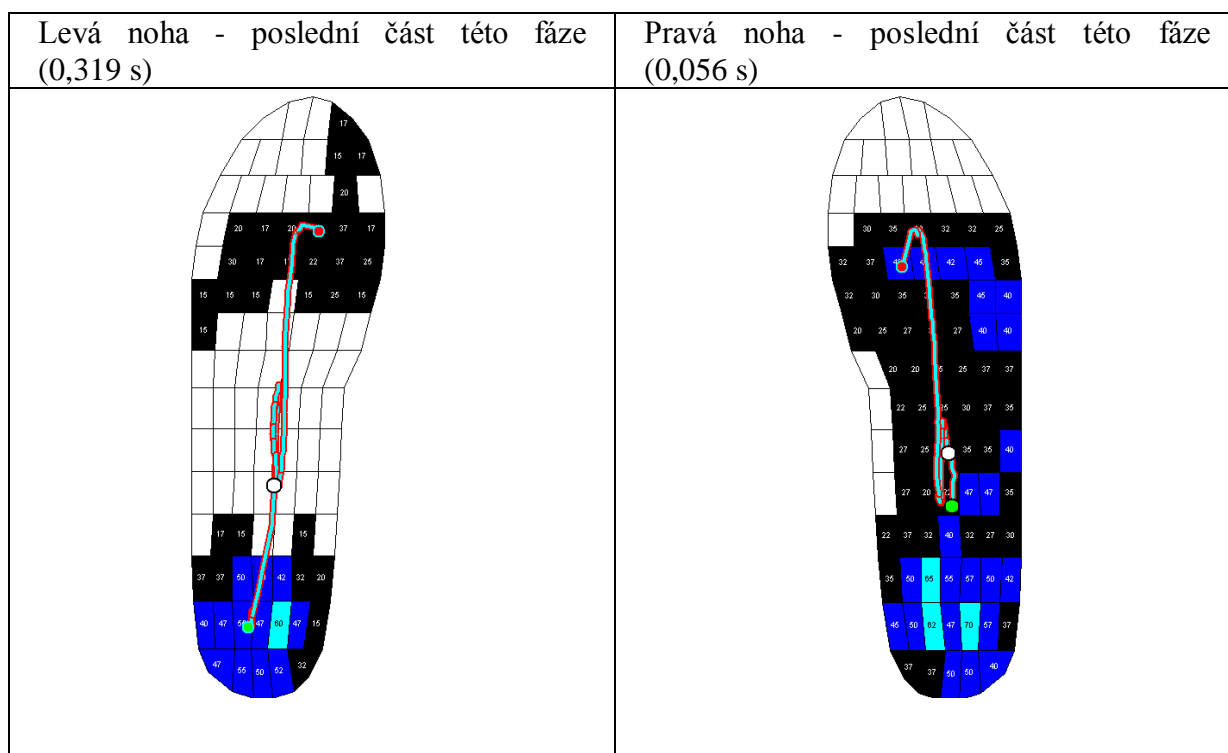
*Obrázek č. 22 - Pravděpodobně první reálný kontakt levé nohy se zemí*



Tento moment je pouze odhadovaným časem položení brusle. Lze ale odhadovat podle zvětšením tlaků v jednotlivých senzorech na patě a zároveň první kontakt chodidla se stélkou v přední části chodidla. Vidíme tedy, že proband pokládá brusli opravdu přes patu, tedy že má těžiště nad patou, nikoliv nad středem brusle, jak by to mělo být při položení rovnoměrně na celou plosku.

Z rozložení počátečního tlaku na přední straně levého chodidla vidíme, že položení brusle probíhá rovnoměrně ve frontální rovině, tedy že nevidíme náklon chodidla ani na jednu stranu a mohu tedy říct, že proband položil nohu na vrchol koleček, tedy na střed brusle.

Obrázek č. 23 - Poslední moment fáze pokládání brusle - tlak je distribuován na celé chodidlo



Podle výsledků měření trvá na levé noze pokládání brusle mnohem delší dobu, než by mělo. Těžiště se posouvá dopředu pomaleji než na pravé noze. Zohledníme-li však chybu měření a první dotek brusle země uvažujeme až ten, který nastal po 220 ms od prvního naměřeného tlaku, tak trvá fáze pokládání brusle u levé nohy 99 ms, což není tak rychle, jak by mělo být, ale odpovídá to asi skutečnosti spíše, než hodnota 319 ms.

Při odrazu z levé nohy a pokládání pravé nohy je to podstatně lepší. Na pravou nohu bruslař došlápne celou ploškou a rychle se na ní stabilizuje (za 56 ms). Těžiště se mírně posouvá víc na střed chodidla v předozadním směru.

Podle popisu někdejšího mistra světa na 300 m Gregoria Duggenta, který udělal Marcelloni ve své knize, trvá tato fáze cca 60 ms, tj 10,3 % trvání kroku. V našem případě to bylo 319 ms (po opravě 99 ms - 9,6 %) pro levou nohu a 56 ms pro pravou nohu, což je 32 % kroku pro levou nohu a 5,6 % u nohy pravé.

Přepočítání časů na procenta je u levé nohy při fázi pokládání brusle výrazně ovlivněno právě výše zmíněnou chybou, proto není reálný. Ostatní fáze by to nemělo nijak ovlivnit, protože délka celého jednoho kroku se nijak nemění. Pouze doba kontaktní fáze.

## Skluz

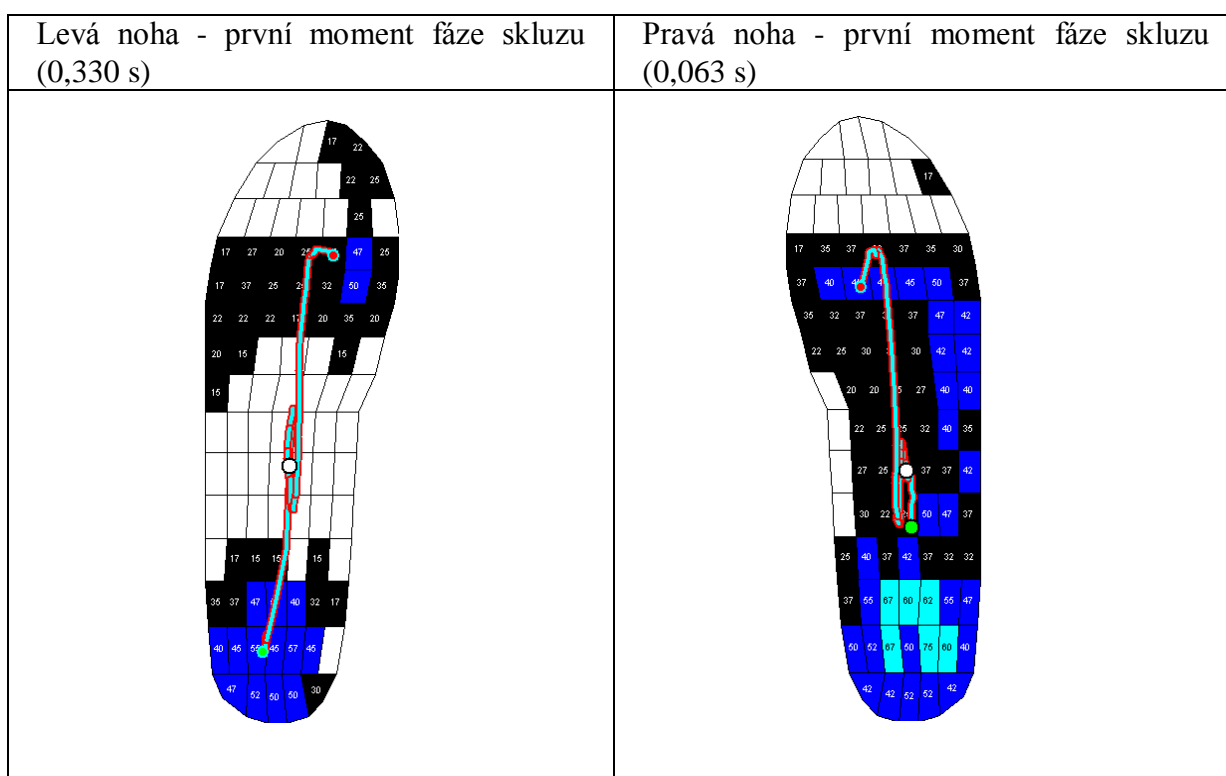
### Shrnutí pohybu:

Skluz je jedinou fází, při které má bruslař kontakt se zemí oběma nohama. Je to jediná statická část celého pohybu, kdy jsou svaly v isometrické kontrakci (nenapínají se, ani nerelaxují). Správné a rychlé provedení skluzu co nejvíce zkracuje zpomalení jízdy, které je způsobené právě isometrickou kontrakcí, tzn. žádným zrychlením (Marcelloni).

Fáze končí přenosem váhy na jednu brusli, což bychom měli pozorovat zvětšením síly na podložku. Tuto fázi bych hodnotil jako ukončenou v momentě, kdy se těžiště dostalo co nejvíce dopředu a zatím se nijak nevrací dozadu na patu.

### Promítnutí pohybu do tlaku v brusli:

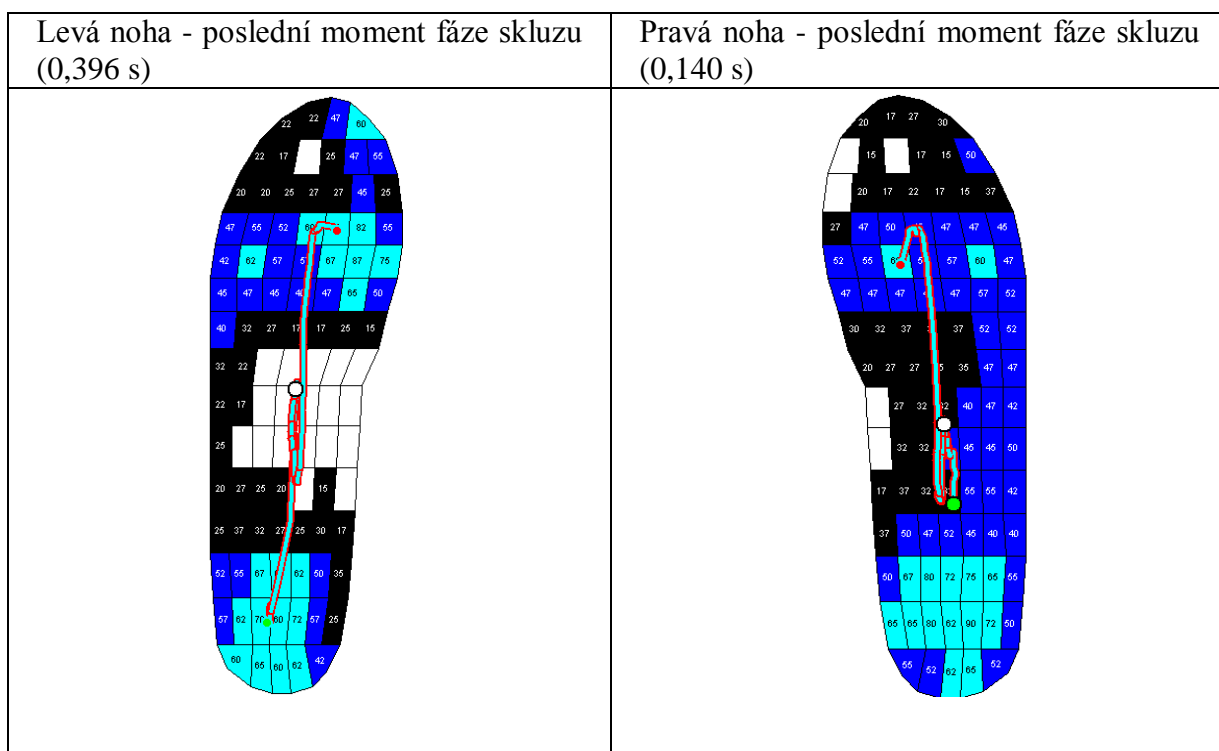
Orázek č. 24 - Iniciální moment skluzu



Vidíme, že váha je již na celém chodidle, ale stále jsou tlaky vcelku malé (tmavší modrá barva odpovídá 40 kPa). To znamená, že na chodidle bruslař stále plnou vahou nestojí a tedy má ještě část váhy na druhé noze.

Na konci skluzu má bruslař zatíženou již jen jednu nohu. Poznáme to podle vyšších tlaků na jednotlivých senzorech. Teď se tlaky pohybují takřka na celé ploše od 15 do 80 kPa, což znamená na malý senzor již vcelku velkou sílu. Suma všech sil by se měla v tento moment rovnat hmotnosti bruslaře vynásobené tíhovým zrychlením.

Obrázek č. 25 - Konec skluzu - zvýšení tlaku v důsledku přenosu váhy na jednu nohu



Podle Marcelloniho rozboru trvá tato fáze 40 ms, tj. 6,9 % kroku. Při našem měření to bylo 60 ms (6,2 % kroku) pro levou nohu a 77 ms (7,73 %) u pravé nohy.

### **Odráz z vnitřní hrany brusle, který vychází z položení brusle na vnější hrany brusle nebo kolmo k zemi**

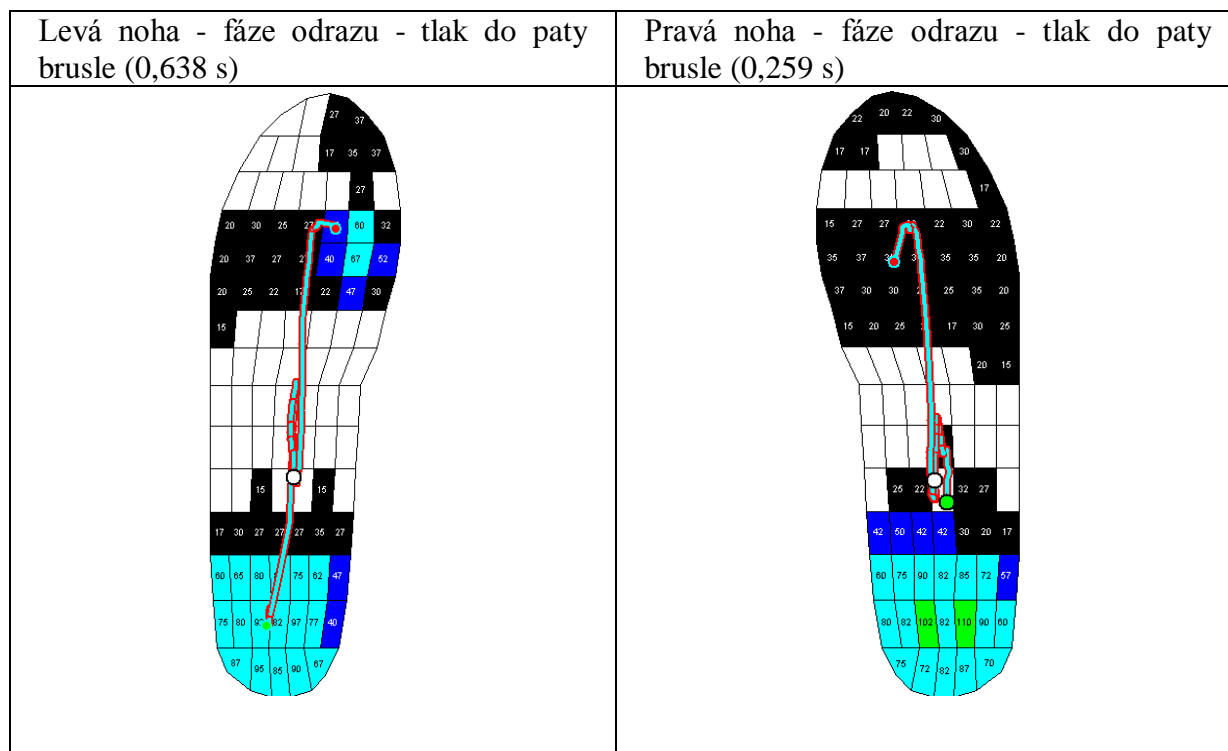
#### **Shrnutí pohybu:**

Z pozice, do které se bruslař dostal během skluzu, přechází bruslař do fáze odrazu. Odráz např. z pravé nohy má za úkol přesunout těžiště na levou stranu. Po úplném propnutí pravé nohy začíná bruslař pokládat levou nohu. Zatímco se pravá noha finálně odráží ještě přes plantární flexi (propnutí kotníku), přechází levá noha do fáze skluzu.

Odráz začíná vyvíjením tlaku na chodidlo, které je nejprve centrálně rovnoběžně zatíženo a posléze ukončen tlakem na nártní kosti palce. Ten končí až plantární flexí a odrazem přes první kolečko (Marcelloni).

## Promítnutí pohybu do tlaku v brusli:

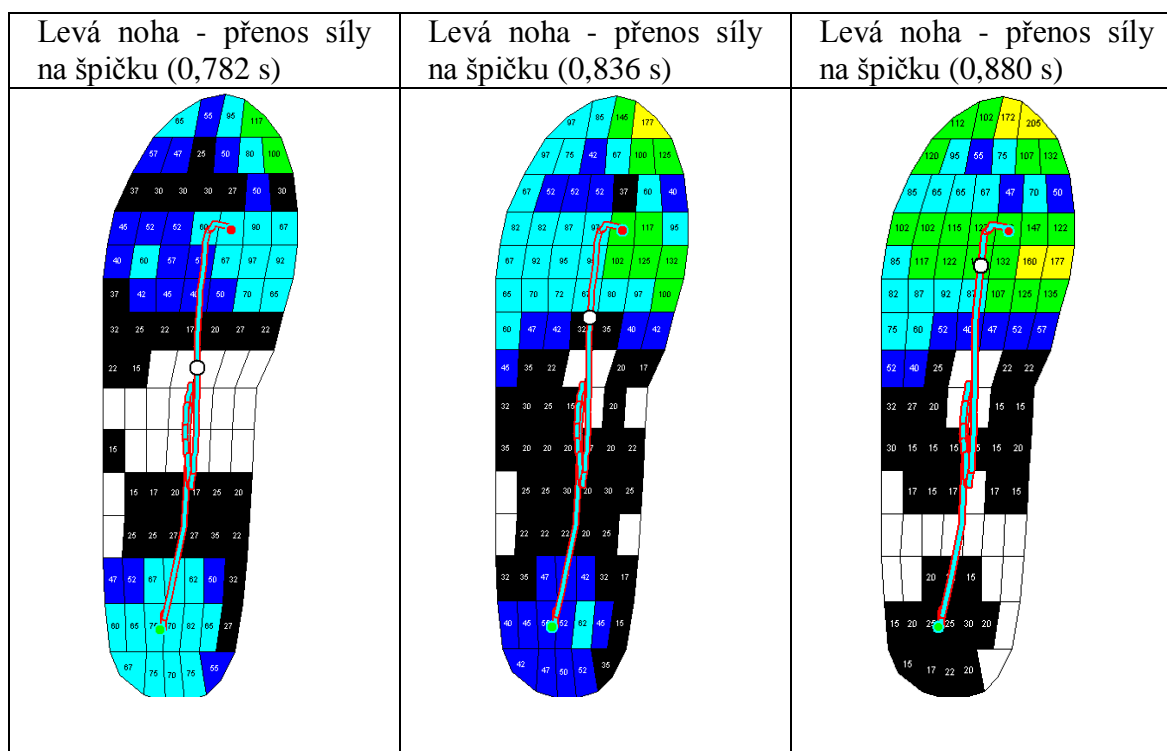
Obrázek č. 26 - Počáteční moment odrazu - tlak na patu



Odraz je iniciován tlakem do paty, což se projevuje u obou nohou přesunutím těžiště opět dozadu. To, že se jedná o odraz a ne pouze o přenos váhy, vidíme z rostoucích hodnot tlaků na patě. Na pravé noze se nám tlak dostává dokonce už přes 100 kPa. Těžiště zůstává stále na středové linii chodidla, tedy neodklání se ani na mediální ani laterální stranu.

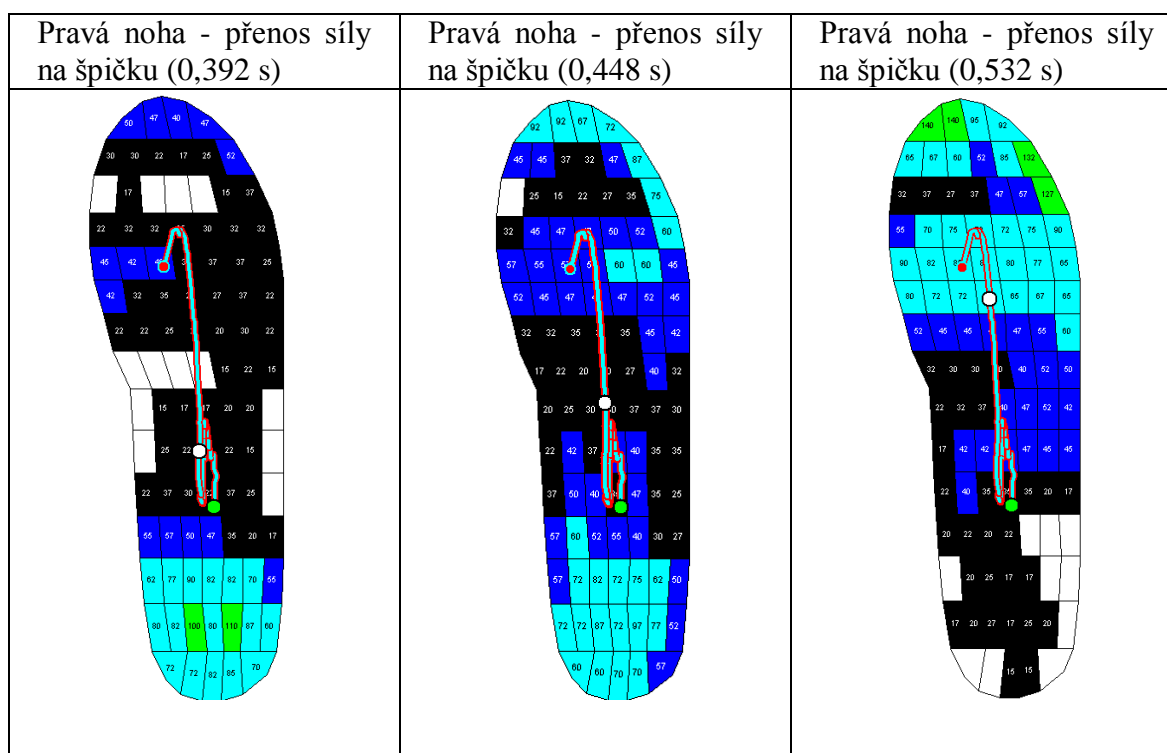
Oběma nohám trvalo zahájení odrazu celé dvě desetiny sekundy, což je při sprintu dlouhá doba.

Obrázek č. 27 - Distribuce tlaku v průběhu odrazu levou nohou



Na předchozích obrázcích vidíme postupný přenos vyvíjeného tlaku pod chodidlem do přední části. Pata je postupně odlehčována a naopak nárt a prsty jsou čím dál více zatěžovány. Ze začátku probíhá odraz z mediální části chodidla a ke konci se těžiště přesune na mediální stranu chodidla. Největší tlaky se pohybují kolem 150 kPa a jsou v oblastech mediálního nártu a palce.

Obrázek č. 28 - Distribuce tlaku v průběhu odrazu pravou nohou

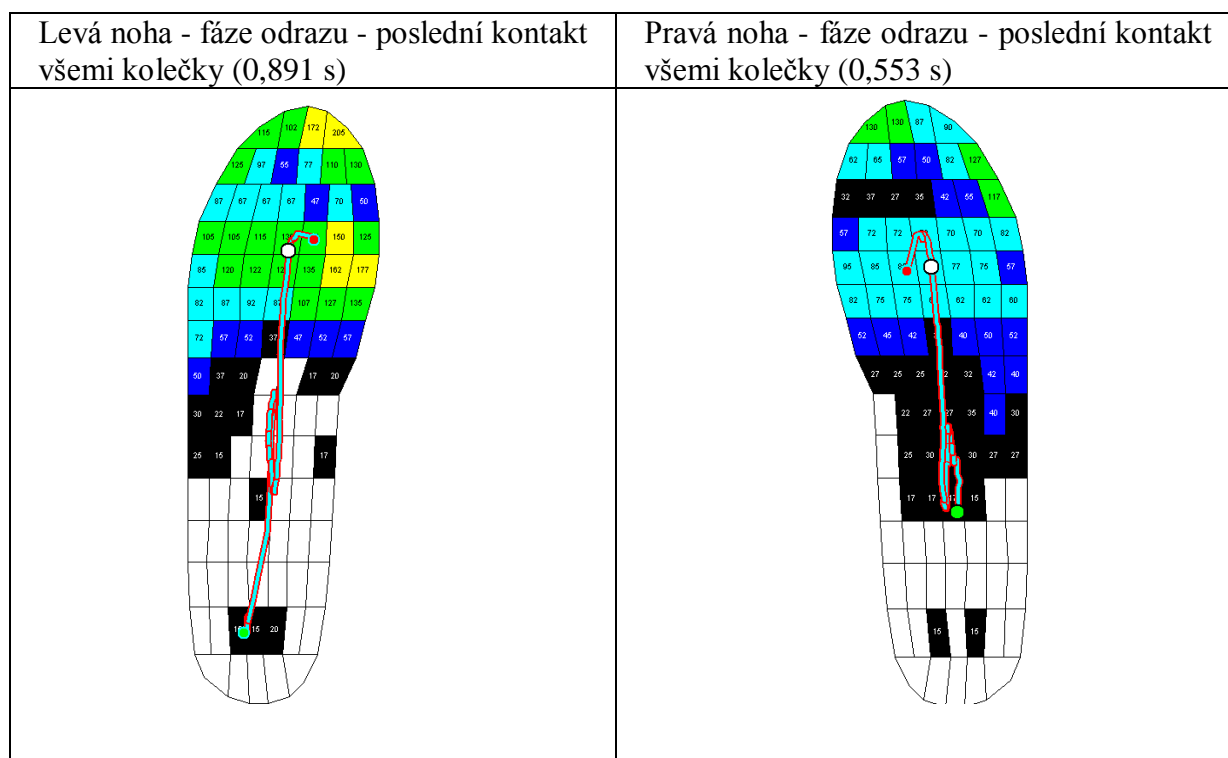




Na pravé noze probíhá odraz a přenos síly takřka shodně jako u levé nohy. Těžiště se posouvá ve středové ose, což je přesně v místě, kde je pod bruslí umístěn rám s kolečky. Tím máme tedy zajištěný vhodný přenos síly přímo na kolečka. Síla není nijak zmenšována případným tlakem mimo osu koleček.

Další fáze odrazu je moment, kdy bruslař má naposledy ještě kontakt se zemí všemi kolečky. To poznáme podle vymizení tlaku na patě.

Obrázek č. 29 - Poslední kontakt brusle se zemí všemi kolečky



Odraz končí plantární flexí chodidla a odrazem přes přední kolečko. V této fázi by měl tlak přecházet více na mediální stranu chodidel na zánártní kost palce. To by se mělo promítnout zvyšujícím se tlakem v oblasti mediálního nártu až palce.

U obou nohou je však maximální tlak na přední část chodidla vyvinutý ještě v době, kdy je na zemi celá brusle. Znamená to tedy pravděpodobně, že u našeho probanda chybí finální fáze odrazu popsaná Marcellonim a tedy odraz protažením chodidla. Plantární flexe sice proběhne, což vidíme na postupném přesunu těžiště na špičku nohy, ale síla odrazu již chybí. V této fázi už se bruslař neodráží, ale jen zvedá nohu přes první kolečko.

Fáze odrazu z vnitřní strany koleček trvá při sprintu podle Marcelloniho přibližně 160 ms, tedy 27,5 % doby celého sprinterova kroku. V našem případě je tato doba mnohem delší. Levou nohou se bruslař odráží 480 ms (46,7 % trvání kroku levou nohou). Pravou nohou zvládne odraz za 406 ms (40,8 % kroku na pravé noze).

Pro porovnání s Marcelloniho měřeními a popisem kroku mistra světa Gregoria Duggenta je sprint našeho probanda mnohem pomalejší nejen vyvinutou rychlostí, ale také frekvencí

a rychlostí provedení kroků. Zatímco Duggento provede celý jeden krok za 0,58 s, našemu bruslaři skoro stejnou dobu trvá pouhý odraz.

### Zvednutí nohy

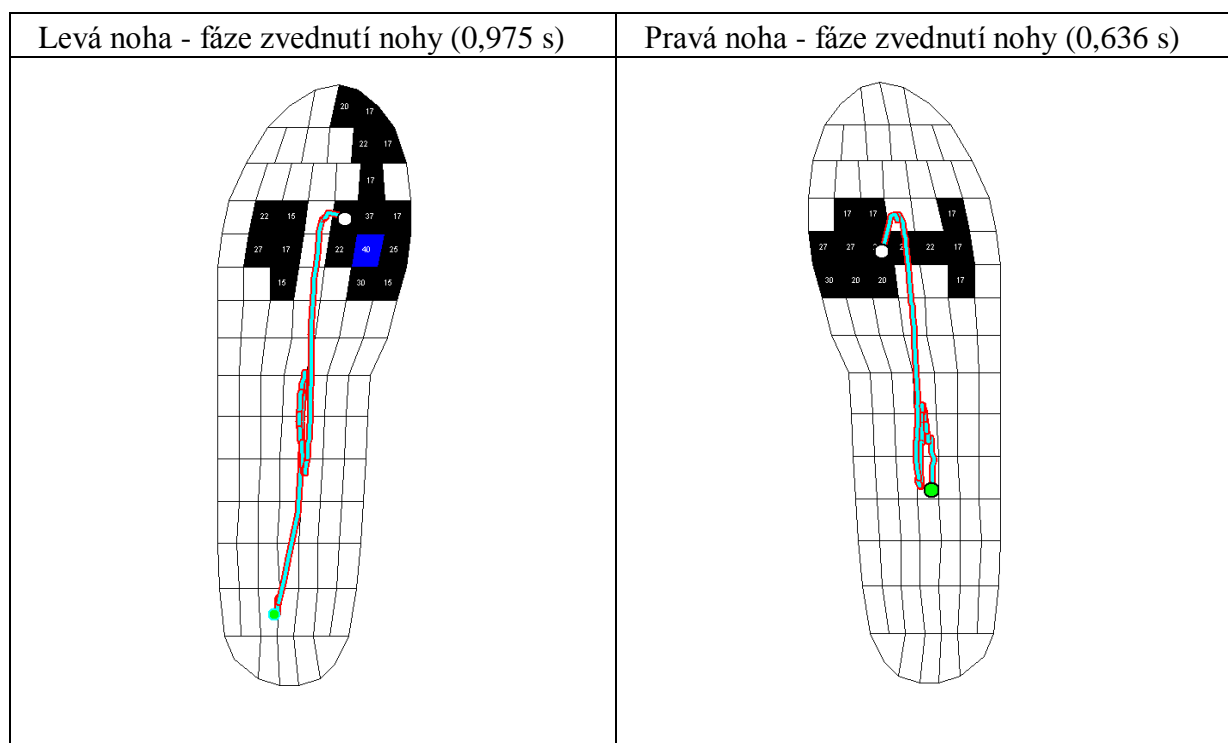
#### Shrnutí pohybu:

Zvedání nohy je krátký moment, při kterém by se brusle měla zdvihnout nejméně, jak to jde. Brusle by se měla takřka dotýkat země. Ihned po zvednutí nohy následuje její pokrčení v kolenu tak, aby se první kolečko náhodou při pohybu zpět nedotklo země. Současně s touto fází začíná odraz z druhé nohy.

Ihned po zvednutí nohy bruslař přejde do další fáze - vracení nohy zpět pod tělo (Marcelloni).

#### Promítnutí pohybu do tlaku v brusli:

Obrázek č. 30 - Poslední kontakt bruslí se zemí



Tato fáze by měla trvat cca 20 ms, což je pouhých 3,5 % doby celého odrazu podle Marcelloniho. V našem měření trvá zvedání u obou nohou 84 ms. Pro levou nohu je to 8,2 %, pro pravou 8,4 %.

#### Navrácení nohy zpět do původní pozice a přesun těžiště

Vzhledem k tomu, že jak vracení nohy vzduchem zpět, tak přenos těžiště, popsány dříve v teoretické části mé práce, jsou fáze, kdy je brusle ve vzduchu a tedy nesnímáme žádný tlak pod chodidlem, nemohu tyto dvě fáze od sebe rozlišit. Mohu jen zjistit jejich celkové trvání, které se rovná době, kdy noha nemá žádný kontakt se zemí.

Levou nohu bruslař podle měření vrátí za 52 ms, což bych považoval za chybu, protože není možné provést pohyb v takovém rozsahu v takové rychlosti. Pravděpodobně nastal problém s vložkami, které v určitý moment po zvednutí nohy od země již začaly snímat určitý tlak na patě. Tato možná chyba je vidět i na enormně dlouhém pokládání levé brusle na zem oproti pravé noze. Takže je možné, že tímto vzniklo zkreslení našeho experimentu. Proto fáze pokládání levé brusle a dobu, kdy není levá brusle v kontaktu se zemí, nemůžeme pravděpodobně hodnotit jako pravdivé.

Tento tlak na patu, který ovlivňuje délku letové fáze nohy a také délku pokládání nohy na zem, je možným výsledkem například určité tenze chodidla během letové fáze. Tato tenze může být například zvednutí prstů, nebo dorzálním propnutím celého chodidla, které tak vytvoří jednoduchou páku, která se na jedné straně opírá o vrchní část brusle a na druhé straně právě patou tlačí do stélky.

Odhadnout tuto chybu by se dalo i z časů všech zbylých fází kroku, které jsou pro obě nohy srovnatelné a rozdíly jsou minimální.

Proto bych uvedl i upravenou hodnotu letové fáze levé nohy, tedy dobu fází návratu nohy a přenosu váhy. Při připočtení 220 ms, které jsem v první fázi (pokládání brusle) naopak odečetl, abych dostal relevantní výsledky, k naměřené délce letu (52 ms) dostaneme již reálnou hodnotu trvání této fáze - 272 ms, což odpovídá přibližně 26,5 % doby celého kroku.

U pravé nohy měření odpovídá skutečnosti s větší pravděpodobností. Tuto nohu má proband ve vzduchu 360 ms, tj. 56 % kroku. Duggento má nohu ve vzduchu přibližně 300 ms, což je s jeho délkou kroku 50 % této doby.

## **Shrnutí měření sprinterské techniky**

V Tabulce č. 6 můžeme vidět srovnání doby jednotlivých fází obou nohou při kroku našeho probanda a trvání stejných fází Gregoria Duggenta.

Tabulka č. 6 - Srovnání fází kroku měřeného probanda a G. Duggenta (jsou použity upravené hodnoty doby položení brusle a navrácení nohy zpět a přenos těžiště, aby bylo možné srovnávat tyto hodnoty s jinými)

Sprint	Čas (ms)	(% kroku) Duggenta	Čas (ms)	Levá noha (% kroku)	Čas (ms)	Pravá noha (% kroku)
Položení brusle	60	10,34	99	9,63	56	5,62
Skluz	40	6,90	60	5,84	77	7,73
Odraz z vnější hrany brusle	160	27,59	480	46,68	406	40,76
Odraz z vnitřní hrany brusle						
Zvednutí nohy	20	3,45	84	8,17	84	8,43
Navrácení nohy zpět do původní pozice	300	51,72	272	26,45	360	36,14
Přenos těžiště						
celý krok	580	100	1028,2	100,00	996	100,00

V tabulce č. 6 vidíme, že našemu bruslaři trvá celý jeden krok takřka dvojnásobnou dobu, než mistrovi světa Duggentovi. Velký rozdíl je také v procentuelním znázornění fáze samotného odrazu. U Duggenta je odraz méně než 30 %, zatímco u našeho probanda je to 40 až 50 %. Znamená to, že odraz není tak výbušný a tím pádem nepřinese tedy takovou energii do celkového pohybu, jako u Duggenta. Odraz probíhá spíše pozvolna s konstantní silou, než aby byl rychlý a účinný.

Velmi výrazně se také liší délka letové fáze. Duggento má každou nohu ve vzduchu přes 50% celého kroku, což znamená, že kontaktní a letová fáze jsou v rovnováze. Také to dokazuje, že je velmi krátká fáze, kdy má obě nohy na zemi. Jestliže jsou totiž obě nohy v kontaktu se zemí přibližně 50 % kroku, tak při pravidelném střídání nohou se tyto dvě množiny skoro neprolnou. V případě našeho bruslaře je kontaktní fáze vůči letové přibližně v poměru 7 : 3, což znamená, že většinu kroku je noha na zemi a kontaktní fáze se tedy musí krýt s kontaktní fází druhé nohy mnohem víc než u Duggenta.

## Rozbor po jednotlivých fázích kroku při pomalé jízdě

Stejně jako u sprintu bych nejdřív uvedl doby, které charakterizují kroky při pomalé jízdě našeho probanda. Tyto hodnoty najdeme v tabulce č. 7.

Tabulka č. 7 - Tabulka doby kontaktní a letové fáze pro obě nohy při pomalé jízdě

levá noha	
počet kroků	9
doba kontaktu se zemí (ms)	1320
doba bez kontaktu se zemí (ms)	295
doba celého kroku (ms)	1615
pravá noha	
počet kroků	8
doba kontaktu se zemí (ms)	992,5
doba bez kontaktu se zemí (ms)	625
doba celého kroku (ms)	1617,5

Opět bereme jako jednoho kroku moment, kdy se objeví na prvním senzoru nějaký tlak. To je v momentě položení brusle na zem.

V případě levé nohy je nejspíš stejně jako u sprintu určitá chyba měření, kdy se nerovná první tlakové zatížení prvním kontaktu se zemí. Podle výsledků by totiž bruslař levou nohu držel jen s kontaktem přes patu celé tři desetiny sekundy, což je velmi dlouhá doba. Také skoro přesně o tři desetiny sekundy se liší délka kontaktní fáze mezi levou a pravou nohou. Ovlivní to opět hlavně první fázi - položení brusle a posléze i délku letové fáze.

### **Položení brusle na zem + zároveň probíhající odraz z vnitřní hrany druhé nohy**

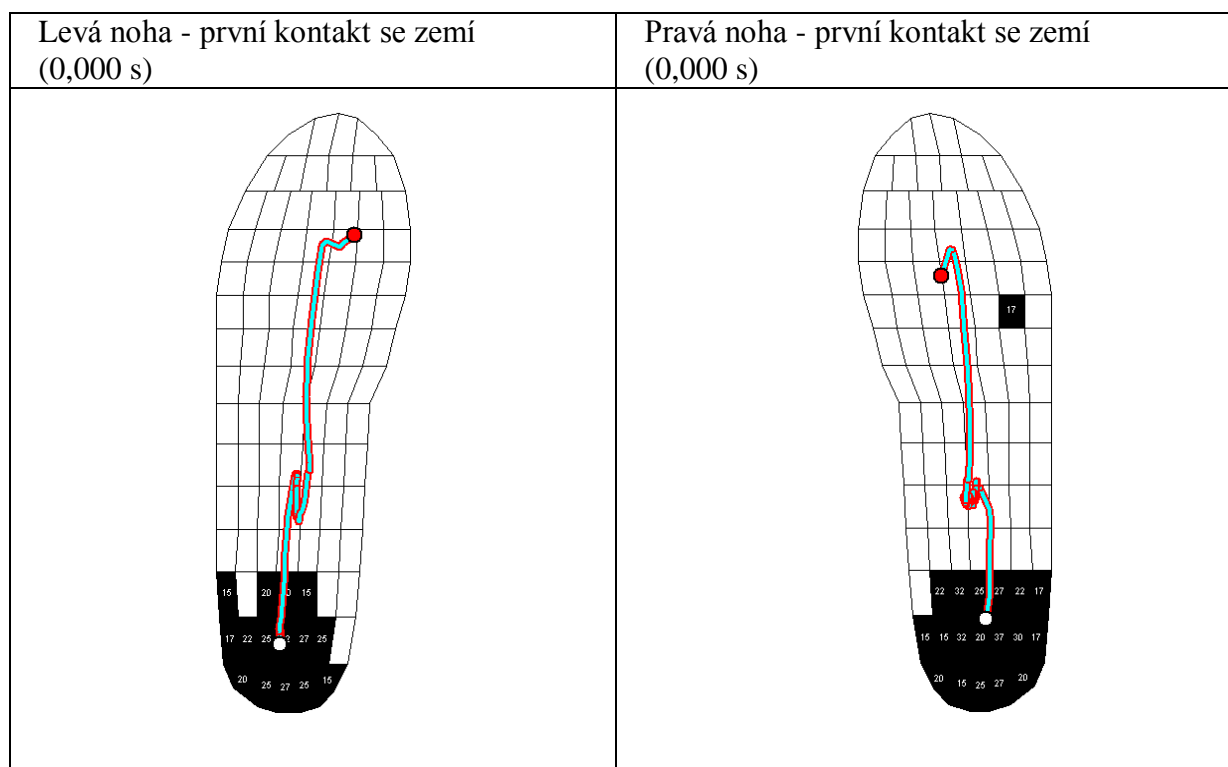
#### **Shrnutí pohybu:**

Při vytrvalostní jízdě bruslař pokládá nohu ve směru naprosto kolmém k zemi přesně na vrchol koleček. Pravá strana těla by tak měla mít výše zmíněné čtyři referenční body v přímce (první kolečko, koleno, kyčel a rameno). S tímto postavením souvisí také směr položení nohy, který musí být přímo vpřed, nikoliv do stran (Marcelloni).

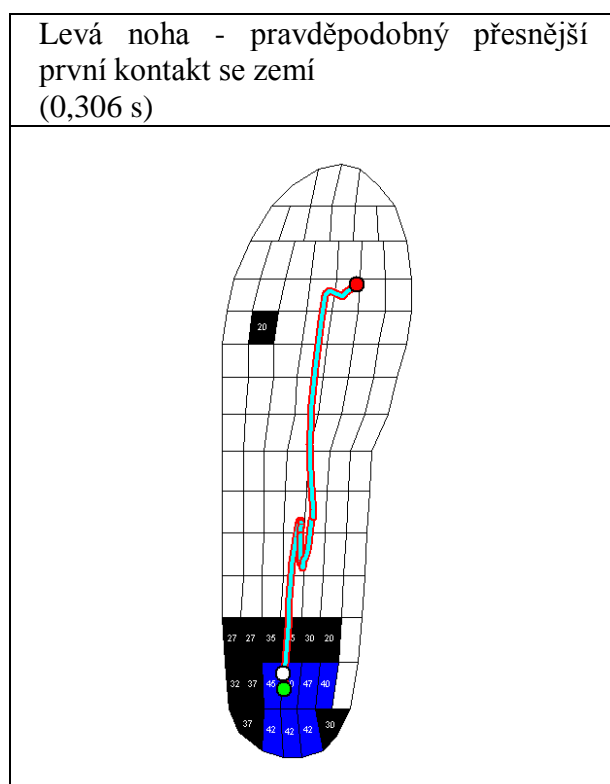
#### **Promítnutí pohybu do tlaku v brusli:**

Položení bruslí na vrchol koleček a všemi čtyřmi kolečky najednou by mělo být vidět jako celoplošné zatížení chodidla. Fáze končí právě momentem, kdy je váha rovnoměrně na celé noze.

Obrázek č. 31 - První kontakt brusle se zemí při pomalejší jízdě



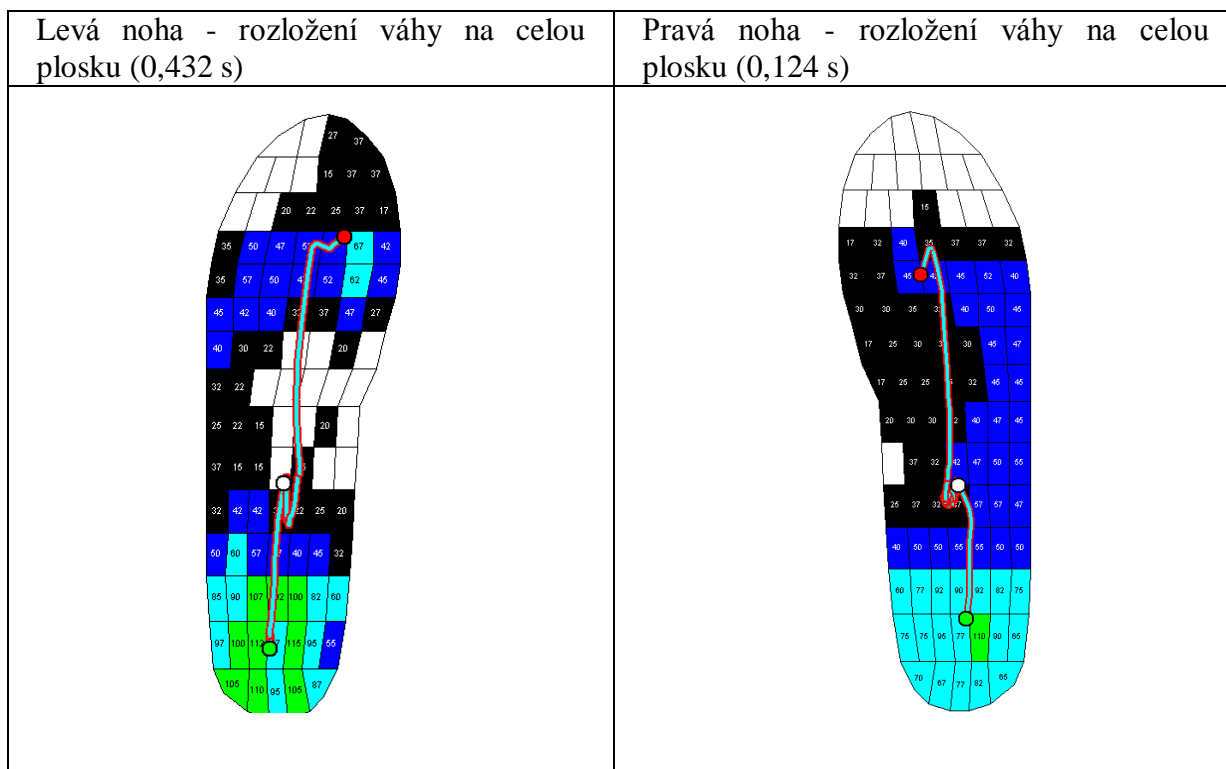
Obrázek č. 32 - Pravděpodobný reálný první dotek levé brusle země



U obou nohou vidíme pokládání brusle hlavně přes patu, což by být nemělo. První kontakt na přední části chodidla je přes laterální hranu chodidla. První kontakt je v segmentu laterálního nártu.

Pohyb pokračuje postupným zatížením brusle a to by se mělo rozložit na celou plochu chodidla. U levé nohy po položení nadále zůstává kontakt se stélkou na vnější straně středu nohy, avšak na nártu už je váha rozložená rovnoměrně po celé šířce chodidla. Na pravé noze je tlak rozložen rovnoměrně. To vidíme na obrázku č. 33.

Obrázek č. 33 - Konec fáze pokládání brusle - tlak je distribuován na celé chodidlo



Konec fáze pokládání brusle poznáme podle toho, že se těžiště nachází v momentálně nejprřednějším bodě svého průběžného pohybu. Těžiště vidíme vyznačené bílou tečkou.

Tato fáze trvala 432 ms levé noze a 124 ms pravé noze. U levé nohy je tato hodnota spíše chybou, proto bych uváděl dobu až od výše uvedeného odhadnutého prvního reálného kontaktu se zemí. Tato doba by pak byla 126 ms, což je velmi podobné pravé noze.

Procentuální vyjádření je 26,7 % z kroku levé nohy (7,8 % po upravení) a 7,7 % pro pravou nohu.

### Simultánní Double-Push

#### Shrnutí pohybu:

Zatímco je jedna noha v isometrické kontrakci, začíná druhá noha, kterou bruslař právě položil, s odrazem Double-Push. Doba, kdy má bruslař obě nohy na zemi, se tedy zvětšuje, avšak i v tomto momentě se bruslař odráží a neztrácí tedy rychlost.

Náklon na vnější stranu pravé brusle a celé spojnice referenčních bodů se tedy nadále zvětšuje. To je základní podmínkou, která bruslaři umožní odraz pravou nohou do stejného směru, jako probíhá zároveň odraz levou nohou, tedy směr odstředivě doleva dozadu.

Bruslař se tak pravou nohou odráží „pod sebe“. To umožní bruslaři nadále přenášet váhu antero-laterálně, což je vlastně pohyb, kterým bruslař zrychluje (Marcelloni).

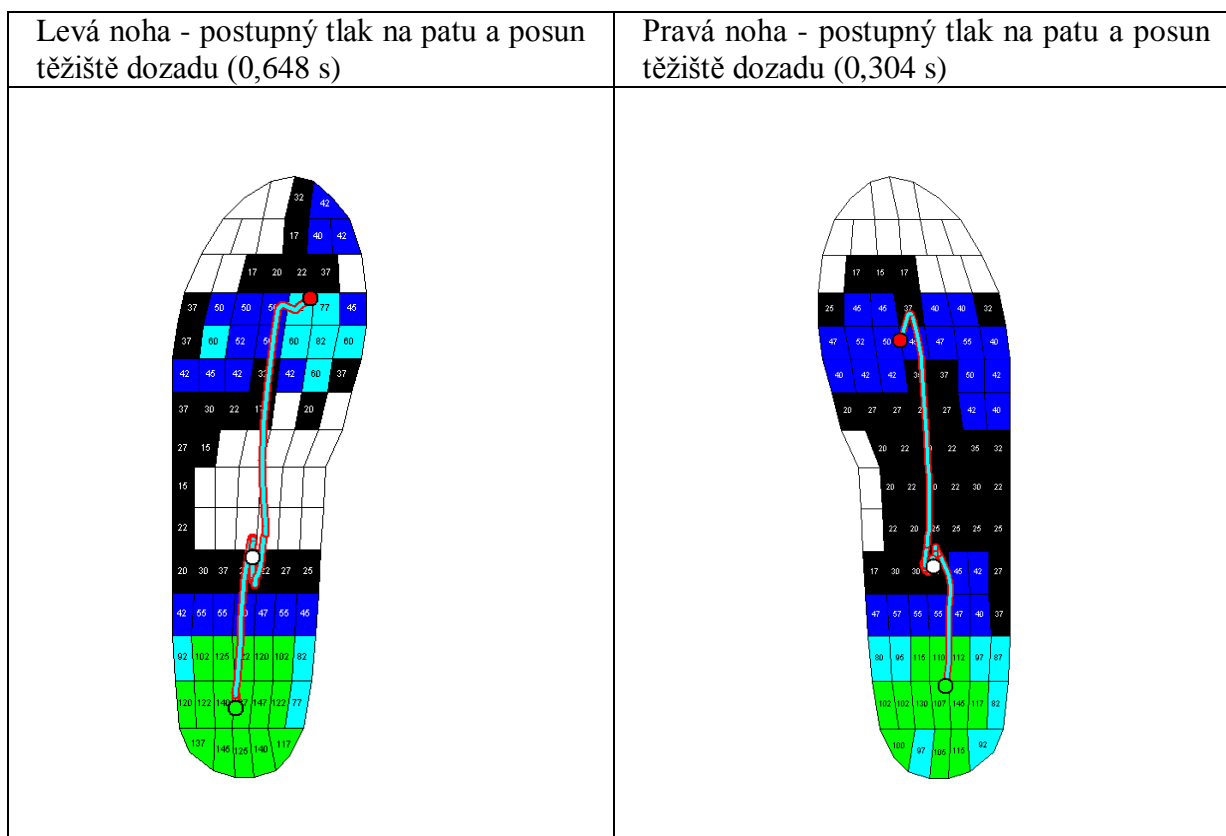
**Promítnutí pohybu do tlaku v brusli:**

Tlak by se měl postupně zvětšovat hlavně na laterální straně chodidla, protože když se bruslař na tuto stranu naklání, musí nohu držet v prodloužení holeně, tedy ve stejném náklonu a tedy na vnější (laterální) straně brusle.

Fáze simultánního Double-Pushe je zahájena tlakem do paty, ze kterého pramení postupné propínání celé končetiny a její mírné předsunutí vpřed. Tímto tlakem na patu se těžiště posouvá opět mírně dozadu.

Tato fáze končí přechodem do fáze odrazu Double-Push, kterou poznáme mírným tlakem do nártu a prstů.

*Obrázek č. 34 - Iniciační simultánního Double-Pushe tlakem na patu*



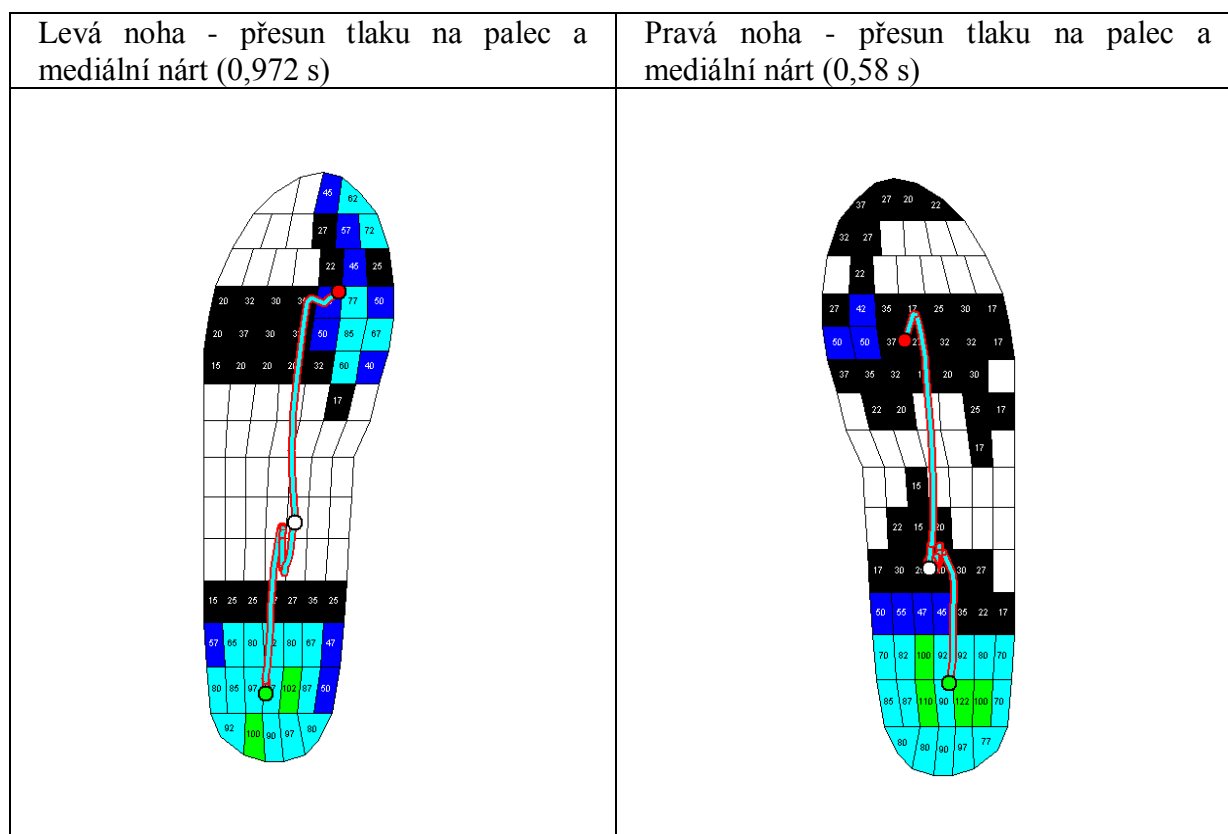
Z obrázku č. 34 vidíme zvýšení tlaku v oblasti celé paty na hodnoty přes 100 kPa. Zároveň s tím vidíme na levé noze mírně vyšší tlak v oblasti mediálního nártu a palce. Oproti tomu nastává odlehčení středu chodidla, kde je tlak skoro nulový.

Na pravé noze je tlak celkově malinko menší, zato je rozložen na celém středu chodidla, patě a nártu. Na nártu zůstávají tlaky podobné jako na konci fáze položení brusle, ale na patě je vidět určité zvětšení.

Na obou nohách lze pozorovat posun těžiště vzad.



Obrázek č. 35 - Moment zatáčení brusle - vykreslení S-linie - je iniciován tlakem na palec a mediální nárt



Na snímku levé nohy vidíme, že se těžiště začíná posouvat směrem dopředu v důsledku tlaku na mediálním nártu a na palci. Tento tlak způsobuje postupné otočení směru brusle tak, aby začala směřovat opět ven zpod těla tak, jak je to popsáno v teoretické části mé práce. Vidět je také, že se těžiště mírně posunulo nejen dopředu, ale také na mediální stranu chodidla.

U pravé nohy tento tlak není tak výrazný a hůře se určuje konec této fáze. Snad jen ho lze usuzovat z mírného tlaku pod prsty. Je také možné, že pravou nohou proband neprovádí techniku Double-Push, ale techniku dynamického skluzu, kdy pokračuje tato fáze bez tlaku na mediální hranu špičky nohy a přechází rovnou do odrazu vnitřní hranou koleček.

Fáze simultánního Double-Pushe trvala na levé noze 540 ms, což odpovídá 33,4 % trvání kroku. Pravá noha dokončila tuto fázi za 456 ms, tedy 28,2 %. Vidíme ve srovnání s fází skluzu ze sprinterské techniky, kterou simultánní Double-Push nahrazuje, že i u našeho probanda je skluz ve sprintu několikrát kratší, než tato fáze při vytrvalosti. Konkrétně 9 krát na levé noze a 6 krát na pravé.

## Double-Push

### Shrnutí pohybu:

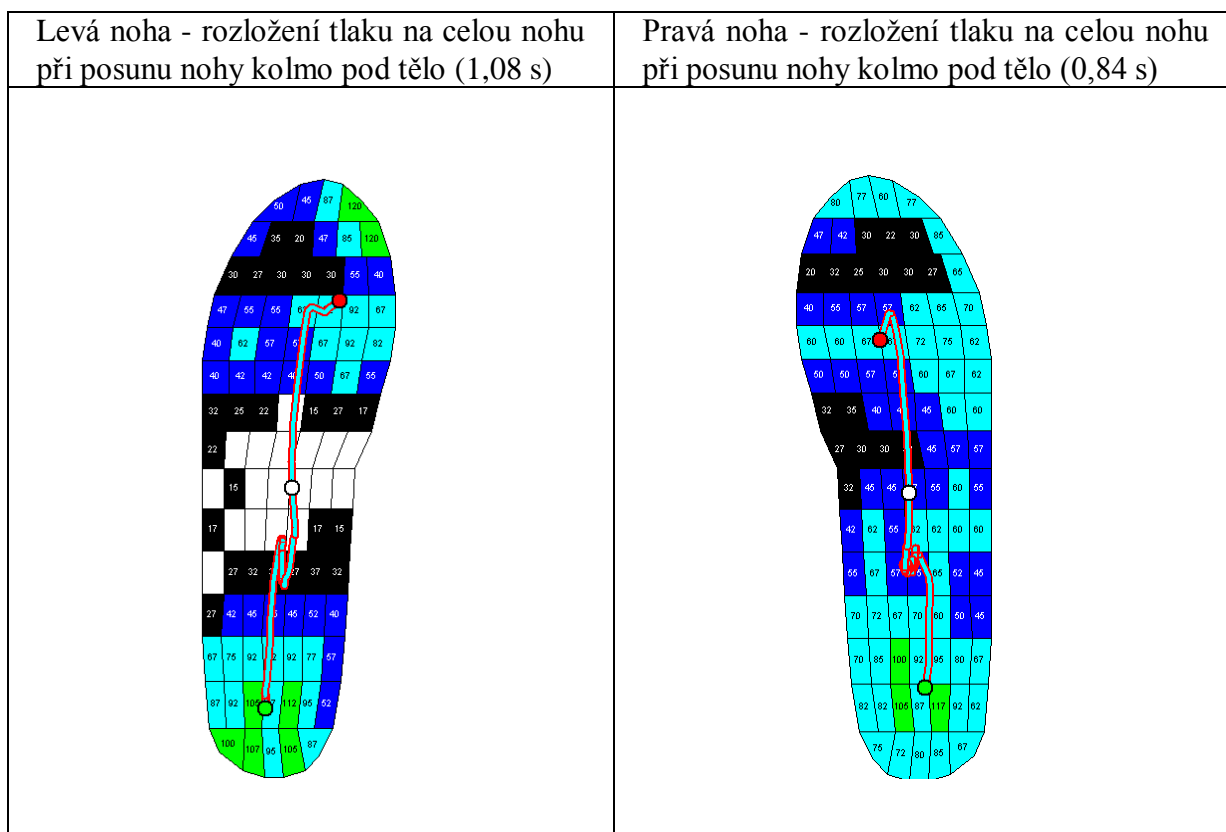
Double-Push pravou nohou začíná současně se zvedáním levé nohy.

Vertikální osa těla se tedy naklání stále více ven díky odrazu a setrvačnosti těla. V této fázi se noha dostává více pod tělo a následně bruslař začne tlačit vnější hranou pravé brusle do země. V tento moment začíná fáze odrazu z vnější strany, při které se špička brusle natáčí do směru ven. To je směr takový, aby se bruslařova vertikální osa dostala zpět do kolmé polohy a bruslař měl pravou nohu opět svisle pod pravou kyčlí.

### Promítnutí pohybu do tlaku v brusli:

Z momentální polohy, kdy je tlak na mediální straně chodidla, bude bruslař postupně posouvat nohu tlakem na špičku zpět do kolmé osy. Moment, kdy bude brusle přesně pod tělem kolmo k zemi, měli bychom vidět zatížení na celé ploše chodidla. Poté bude následovat přenesení váhy na mediální stranu stélky a dále pokračovat do další fáze kroku, tedy do odrazu vnitřní hranou.

Obrázek č. 36 - Distribuce tlaku na celou plošku v důsledku návratu nohy pod těžiště těla



Na obrázku č. 36 vidíme konec fáze Double-Push. Těžiště se nachází u obou nohou takřka dokonale ve středu chodidla, takže noha je přesně pod tělem bruslaře (4 referenční body

jsou v kolmici k zemi), brusle stojí na vrcholu koleček a není ani předsunutá dopředu, ani podsunutá dozadu pod tělo.

Tato fáze trvala u levé nohy 108 ms (6,6 % kroku) a u pravé nohy 260 ms (16,1 %).

### Odraz z vnitřní hrany brusle

#### Shrnutí pohybu:

Odraz z vnitřní hrany pravé nohy trvá až do úplného propnutí nohy v koleni, dokud mají všechna kolečka kontakt se zemí. Odraz trvá přibližně 320 ms. Váha těla je na začátku rozložena celém chodidle a v průběhu odrazu se přesouvá na špičku (Marcelloni).

Rozdíl oproti odrazu při sprintu je v tom, že tento odraz plynule navazuje na Double-Push a není tedy iniciován tlakem do paty, protože brusle už v určitém pohybu je, takže není potřeba ji uvádět do pohybu tímto tlakem. Odraz opět končí plantární flexí chodidla a tedy odrazem přes přední kolečko.

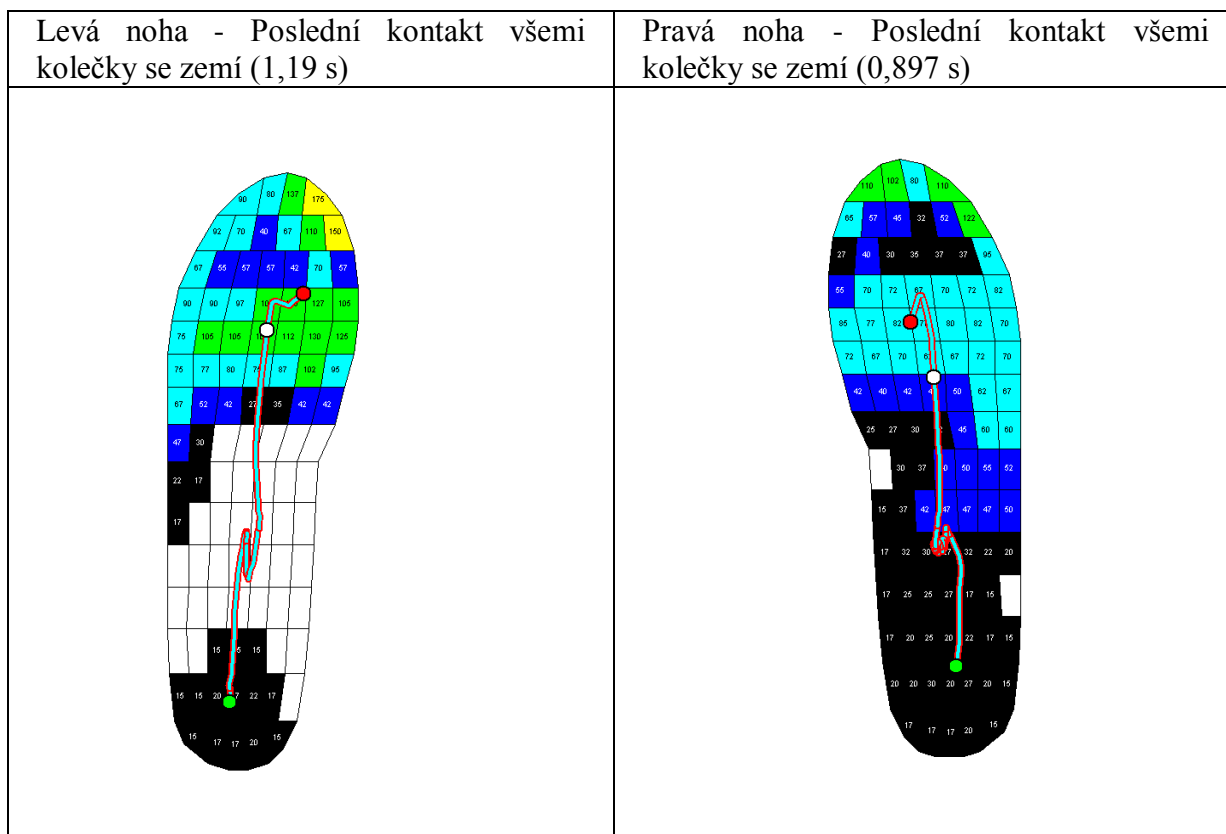
#### Promítnutí pohybu do tlaku v brusli:

Na stélce bychom měli tedy pozorovat postupné odlehčování paty až do úplného vymizení.

Zároveň s tím by měl růst tlak v přední části chodidla, spíše na mediální straně.

Po úplném odlehčení by měl správně odraz pokračovat tlakem na nárt a prsty.

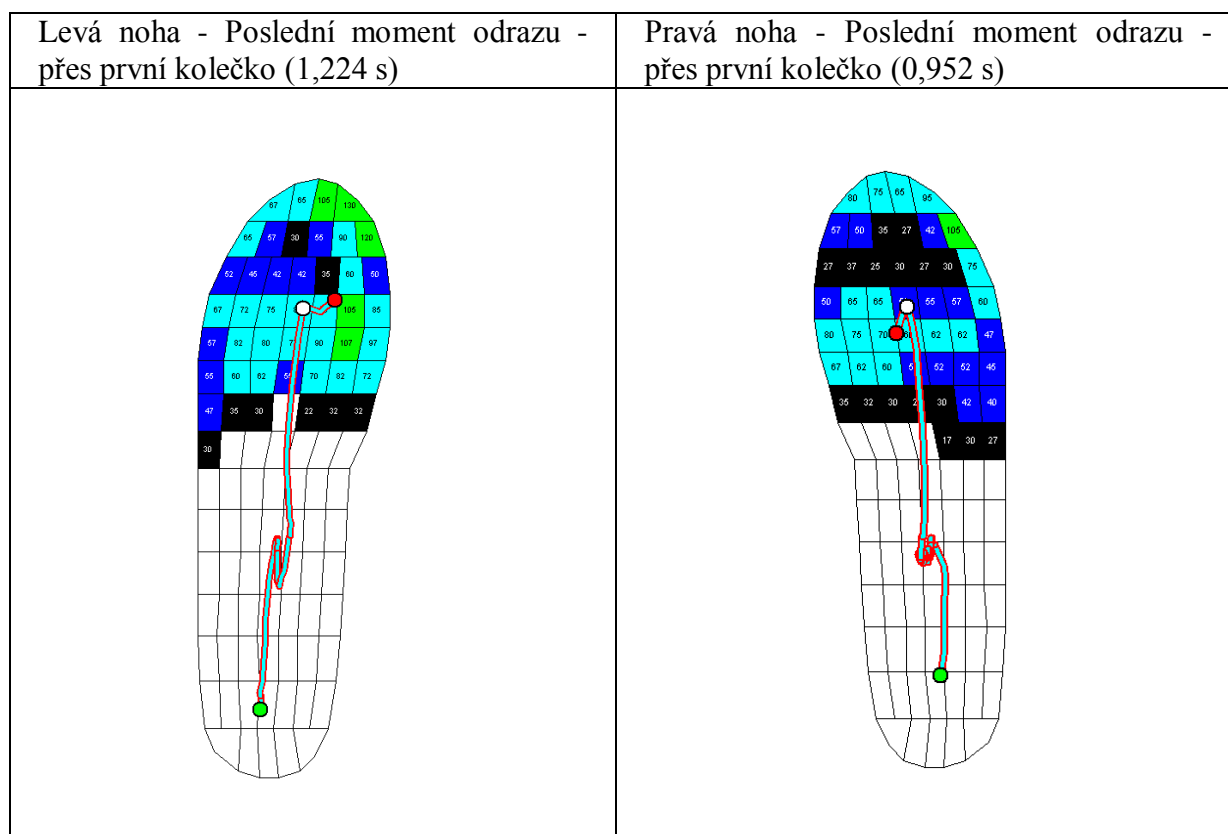
Obrázek č. 37 - Poslední kontakt brusle všemi kolečky se zemí



Na levé noze vidíme opravdu postupné odlehčení paty. V momentě zdvihu paty je největší tlak na mediálním nártu a palci. Pravá noha je v tento moment zatížena trochu méně. Může to být způsobeno menší silou svalů či tím, že je tlak rozložen do téměř celé plosky. Jak vidíme, tak v posledním momentě kontaktu se zemí všemi kolečky je zatíženo celé chodidlo.

Oproti odrazu při sprintu zde můžeme sledovat i důsledek plantární flexe, který má stále význam pro odraz a pohyb vpřed. Při pomalejší jízdě proband dává sílu i do této fáze odrazu, což uvidíme na obrázku č. 38. Je vidět, že tlakové zatížení prstů a nártu neodezní ihned po zdvihnutí paty, ale že ještě chvíli setrvává v poměrně vysokých hodnotách a pak teprve odeznívá a začíná další fáze - zvednutí nohy.

Obrázek č. 38 - konec odrazu - plantární flexí se bruslař odráží přes první kolečko



Tímto momentem tedy končí odraz. Vidíme, že tlaky na špičce nohy jsou stále v hodnotách až do 100 kPa. Na levé noze probíhá odraz hlavně palcem a mediálním nártem, zatímco pravá noha se odráží celou šíří nártu a všemi prsty.

Celý odraz tedy trval 144 ms (8,9 %), respektive 112 ms (6,9 %). Jak vidíme, je to oproti sprintu velmi malé procento. Tam byl odraz přes 40 % kroku. Je to hlavně kvůli tomu, že při vytrvalostní technice se odraz vnitřní stranou brusle hodnotí až od momentu, kdy je noha kolmo zatížena, nikoli od konce skluzu. Při vytrvalosti je tato doba tedy rozdělena na

dva oddíly - Double-Push a odraz z vnitřní hrany. Také je procentuelní rozdíl způsoben samozřejmě celkovou délkou kroku, vůči které se jednotlivé fáze porovnávají.

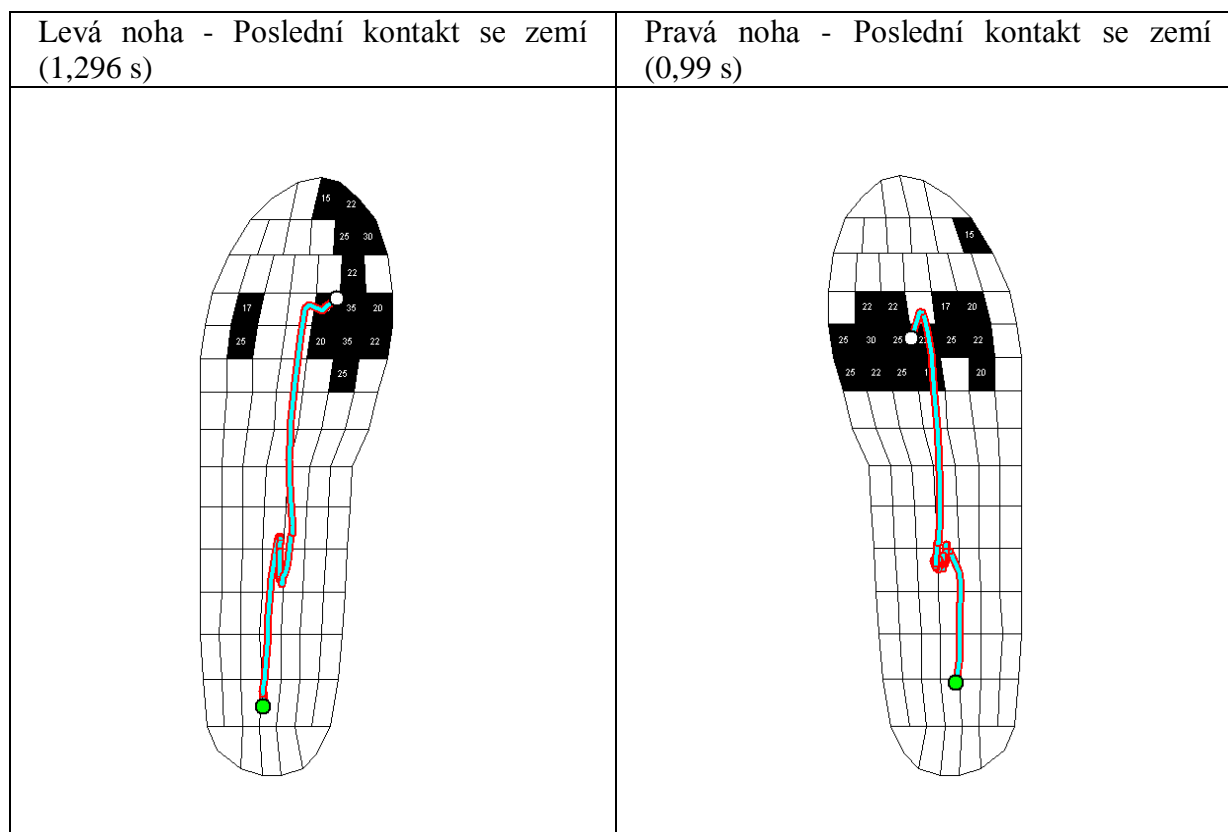
### Zvednutí nohy

#### Shrnutí pohybu:

Krátký moment, během kterého ukončuje bruslař odraz a uvolňuje nohu a začíná ji zvedat.

Na snímcích stélky uvidíme posupné odlehčování stélky přes špičku brusle.

Obrázek č. 39 - Poslední kontakt brusle se zemí



Z obrázku 39 je vidět, že levou nohu zdvihá proband více přes mediální stranu nártu a přes palec, zatímco pravou nohu zvedá rovnoměrně celou šířkou chodidla.

Celá tato fáze trvala u levé nohy 72 ms (4,4 %), u pravé nohy 38 ms (2,3 %).

### Navrácení nohy zpět do původní pozice + přenos těžiště

Stejně jako při sprintu nemohu tyto dvě části od sebe oddělit. Jejich doba je totiž letovou fází nohy. Problém, který vznikl při sprintu, tedy nedostatečné uvolnění levého chodidla bruslaře při zvednutí nohy, se opakuje i při měření pomalé jízdy.

Doba, po kterou je pouze pod patou levé nohy naměřen určitý tlak, je opět vzhledem k celkovému kroku velmi dlouhá a není skoro ani možné toto během jízdy provést. Jedná se o celé tři desetiny sekundy, což je celých 18,6 % doby celého kroku.

Vzhledem k tomu, že rozdíl tří desetin je i mezi délkami kontaktu obou nohou, lze uvažovat, že tyto tři desetiny jsou ve skutečnosti ještě letová fáze.

U pravé nohy nic takového nenastalo, tam je čas návratu nohy 625 ms, tj. 38,7 % kroku, což je reálné číslo.

U levé nohy bych tedy naměřenou letovou dobu (295 ms) za správnou nepovažoval a pro další srovnání k ní spíše přičetl 300 ms, kdy byl kontakt jen na patě. Pak tedy trvá letová fáze levé nohy 595 ms, což je 36,8 % celého kroku.

## Shrnutí měření vytrvalostní techniky při pomalé jízdě

V Tabulce č. 8 můžeme vidět srovnání doby jednotlivých fází obou nohou při vytrvalostním kroku v porovnání se sprintem.

*Tabulka č. 8 - Srovnání sprintu a pomalé jízdy*

*(jsou použity upravené hodnoty doby položení levé brusle a navrácení nohy zpět a přenos těžiště, aby bylo možné srovnávat tyto hodnoty s jinými)*

Fáze kroku	Sprint		Levá noha - pomalu		Pravá noha - pomalu	
	Čas (ms)	(% kroku)	Čas (ms)	(% kroku)	Čas (ms)	% kroku
Položení brusle	78	7,66	126	8,10	124	7,68
Skruz/simultánní Doule-Push	68	6,77	540	34,73	456	28,24
Double-Push			108	6,95	260	16,10
Odras z vnější hrany brusle	443	43,77	114	7,33	112	6,93
Zvednutí nohy	84	8,30	72	4,63	38	2,35
Navrácení nohy zpět do původní pozice a přenos těžiště	316	31,22	595	38,26	625	38,70
<b>celý krok</b>	<b>1012</b>	<b>100,00</b>	<b>1555</b>	<b>100,00</b>	<b>1615</b>	<b>100,00</b>

V tabulce 8 vidíme, že rozdíl celého kroku našeho probanda není mezi sprintem a pomalou jízdou až tak moc velký. Sprinterský krok by měl určitě mít větší frekvenci, tedy měl by trvat kratší dobu. Jak jsem již zmiňoval, skluz je u pomalé jízdy prodloužen simultánním Double-Pushem, na jehož úkor se zkracuje zase samotný odraz z vnitřní hrany. Rozdíl je opravdu totiž v tom, že při pomalé jízdě technikou Double-Push se bruslař pohybuje vpřed i díky simultánnímu Double-Pushi, takže finální doba, kdy se bruslař odráží, je vlastně součet všech tří částí - simultánní Doule-Push, Double-Push a odraz z vnitřní hrany. V ten moment je vidět, že součet těchto tří částí je větší, než samotný odraz z vnitřní hrany u

sprintu (cca 49 % kroku u levé brusle a 51 % u pravé brusle). Tím je tedy Double-Push účinnější z pohledu dlouhotrvajícího výkonu - na jeden krok se odráží bruslař delší dobu. Double-Push však nejde snadno a efektivně využít u sprintu, protože nedovoluje moc rychlou frekvenci kroků. Fáze simultánního Double-Pushe se totiž nedá moc zrychlit. V našem případě by to samozřejmě šlo, protože se jednalo o pomalou jízdu touto technikou, ovšem kdyby chtěl proband jet touto technikou rychle, bylo by to velice náročné. Musel by nedostatečnou frekvenci dohánět silou odrazu, což v některých rychlostech už ani není možné.

## 5. Závěr

Cílem mé práce bylo rozebrat jednotlivé tlakové změny v brusli v závislosti na technice in-line bruslení. Úkol bylo nutné realizovat rozložením kroku do několika částí, které jsem každou zvlášť popisoval a hodnotil tlakové zatížení chodidla při této určité fázi. Snažil jsem se zvýraznit také rozdíly mezi technikou pomalé a rychlé jízdy, protože cílem mé práce bylo připravit podklady pro lepší pochopení pohybu bruslaře tak, aby se dalo dále hodnotit zatížení chodidla v závislosti na jeho funkčním stavu.

Provedením pilotního experimentu jsem zjišťoval různé nedostatky při měření, které je potřeba při dalším měření brát v potaz, a to, že software Pedar nedokáže přesně oddělit jednotlivé kroky při bruslení v případě, že bruslař nemá chodidlo v době letové fáze úplně relaxované a i v této době vytváří určitý tlak na stélku. Této chybě nelze předejít, lze ji však zpětně odstranit, pokud je možné určit reálný začátek kontaktní fáze kroku. Což v našem případě pravděpodobně půjde i u dalších měření, protože tlaky, které jsou detekovány při letové fázi, jsou v rámci několika málo desítek kPa (do 20 kPa). V momentě doteku brusle se zemí tlaky rostou minimálně na hodnoty kolem 40 kPa.

Tím by se eliminovala odchylka trvání letové a kontaktní fáze, nicméně pro samotné vyšetření funkce nohy jsou i tyto hodnoty tlaku v letové fázi velmi zajímavé. Dává nám to informace o tom, že bruslař má chodidlo v neustálé flexi, čímž se noha samozřejmě unavuje a dříve tak může dojít k problémům spojeným s delší zátěží.

Díky provedenému experimentu tedy zjišťujeme, jak je vhodné příště experimenty vést a na co dávat pozor. Také jsem díky popisu jednotlivých fází vytvořil vodítko pro další vyšetřování, aby vyšetřující člověk věděl, co má v určitých fázích kroku hledat za tlakové změny. Snažil jsem se pohyb popsat způsobem, který by měl být srozumitelný i pro laiky, kteří se in-line bruslením nezabývají a neznají tuto složitou techniku. Důkladné vysvětlení pohybu s popisem tlakových změn snad pomůže při hodnocení zatížení chodidla, které provede má kolegyně, se kterou spolupracuji na týmovém projektu.

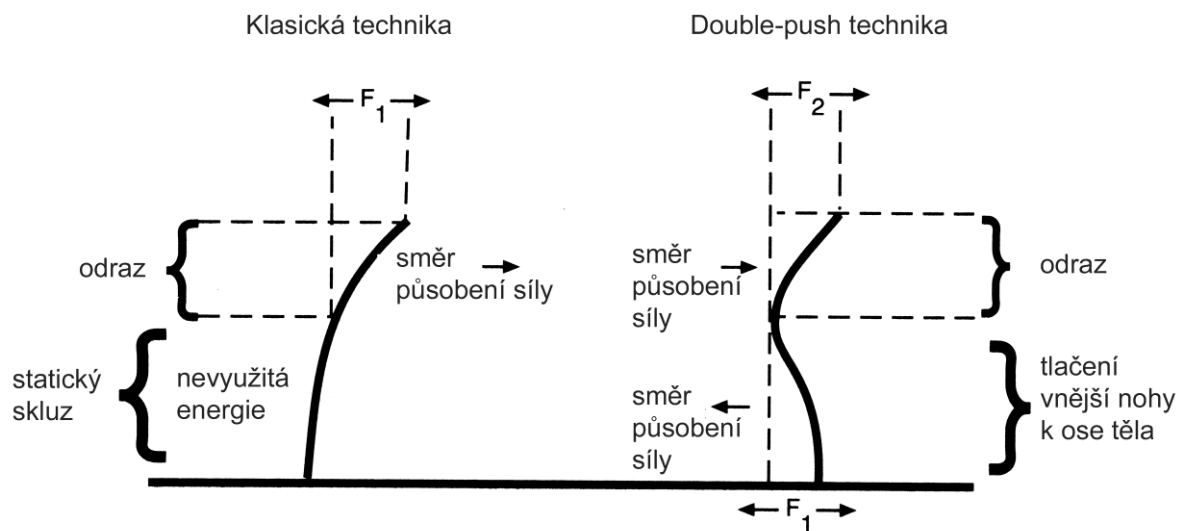


## 6. Seznam použité literatury

1. Belia, R., *Analisi posturale e biomeccanica per ottimizzare le prestazioni del pattinatore*, 2007, [online]. [cit. 2012-02-01] dostupné na: <[http://www.fihp.org/corsa/lista\\_dispense.php](http://www.fihp.org/corsa/lista_dispense.php)>
2. Eils, E., Plantare Druckverteilung beim Inline-Skating auf Geraden. *Sportverl Sportschad 14*, 2000; str. 135 - 138
3. Gerych, D., *Vyhodnocování tlakových změn v průběhu oporové fáze běhu u výkonnostních běžců a triatlonistů*, Praha, 2009, Univerzita Karlova v Praze, Fakulta tělesné výchovy a sportu
4. Krupková, L., Tajemství dvojitého odrazu, *MagazIn-line*, 4, 2006, str. 44
5. Marcelloni, P., *Die Technik des Inline-Skatings*, Jesi, Editrice Stampa Nova, 2007, ISBN - neuveden
6. Novel – art in science, quality in measurement [online]. [cit. 2011-28-12]. Dostupné z: <<http://www.novel.de/productinfo/systems-pedar.htm>>.
7. Publow, B., *Speed on skates, a complete technique, training and rating guide for in-line and ice skaters*, Champaign, Human Kinetics, 1999, ISBN 0-88011-721-4
8. Tvrzník, A., Technické novinky. *Atletika*, 1, 2010, str. 43

## 7. Samostatné přílohy

Obrázek č.40 - Využití síly při klasické a Double-Push technice Při klasické technice je využit jeden moment síly ( $F_1$ ), zatímco Double-Push, tedy dvojitý odraz, využívá dvě hnací síly ve dvou různých momentech ( $F_1$  a  $F_2$ ).



Autor: Podle B. Publowa upravila L. Krupková

Obrázek č. 41 - Tři základní opěrné body na chodidle.



Autor: převzato z Analisi posturale e biomeccanica per ottimizzare le prestazioni del pattinatore, R. Belia

