

Seganje in prijemanje v haptičnih navideznih okoljih

doktorska disertacija

Janez Podobnik

mentor: prof. dr. Marko Munih



University of *Ljubljana*
Faculty of *Electrical Engineering*

Potek predstavitve



- Uvod
- Glavni cilji doktorske disertacije
- Utemeljitev
- Prijem in stabilnost haptičnih vmesnikov
- Sistem HEnRiE
- Rezultati
- Zaključki
- Izvirni prispevki

Uvod

- Merilniki sil in pozicije
- Haptični vmesniki
- Sistemi za vadbo, trening in rehabilitacijo
 - gibanja roke
 - in prijemanja

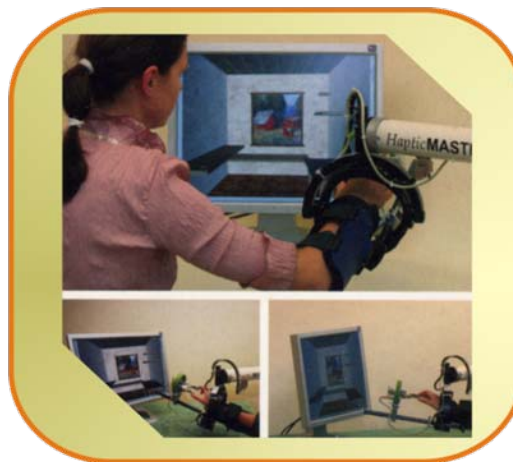


?



Poglavitni cilji

- Raziskati in oceniti **vpliv** človeka ter še posebej **prijema na stabilnost haptične interakcije**.
- **Izvirni merilni sistem za merjenje sile prijema, ki ga bo mogoče pritrditi na haptični vmesnik.**
- **Združiti haptični vmesnik in napravo za merjenje prijema** ter opraviti oceno možnosti in primernosti uporabe merilnega sistema za študij in vadbo hkratne kontrole gibanja roke in prijema.



Utemeljitev

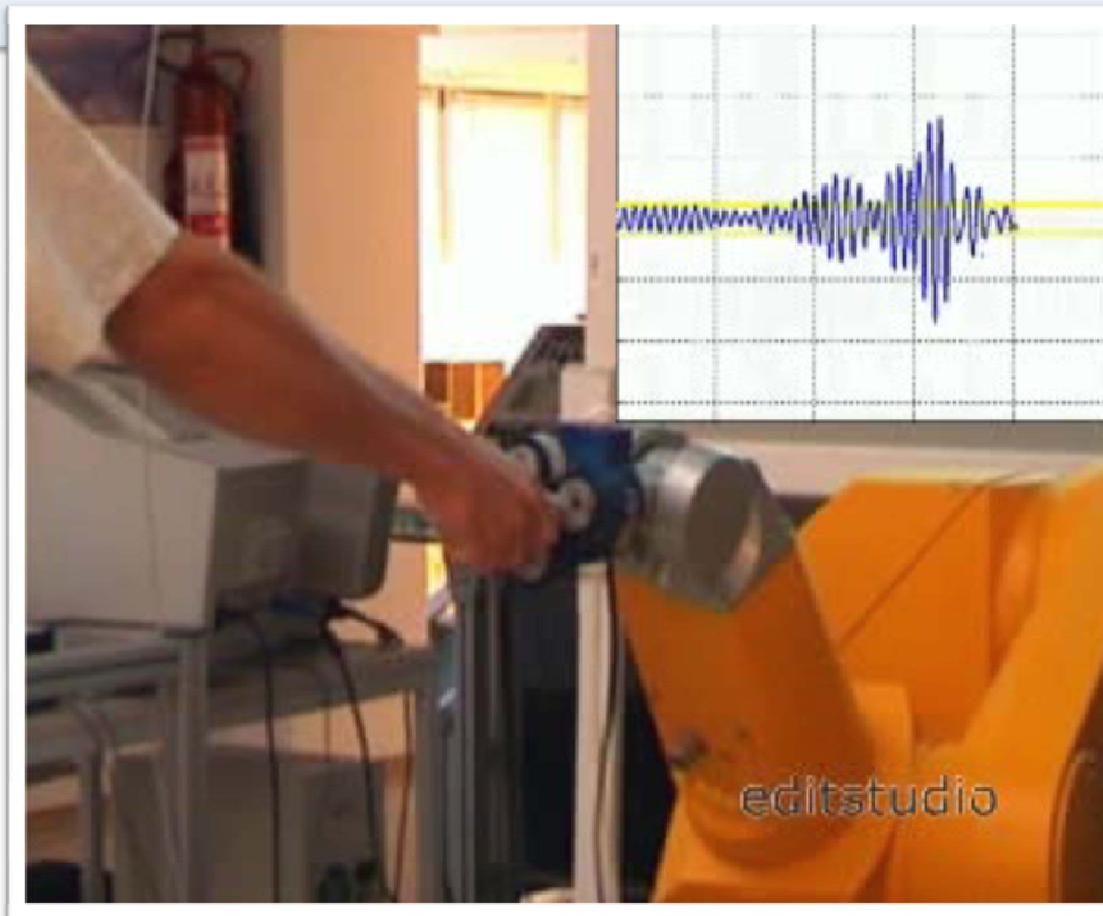
- Večina opravil vsakodnevnega življenja zahteva gibanje roke in prijetanje hkrati
- Roka je torej funkcionalno gledano ena enota
- Strokovnjaki si niso edini o večji koristnosti hkratne vadbe
- Gentle/S – naloge “seganje in prijetanje” → motivacijski učinek



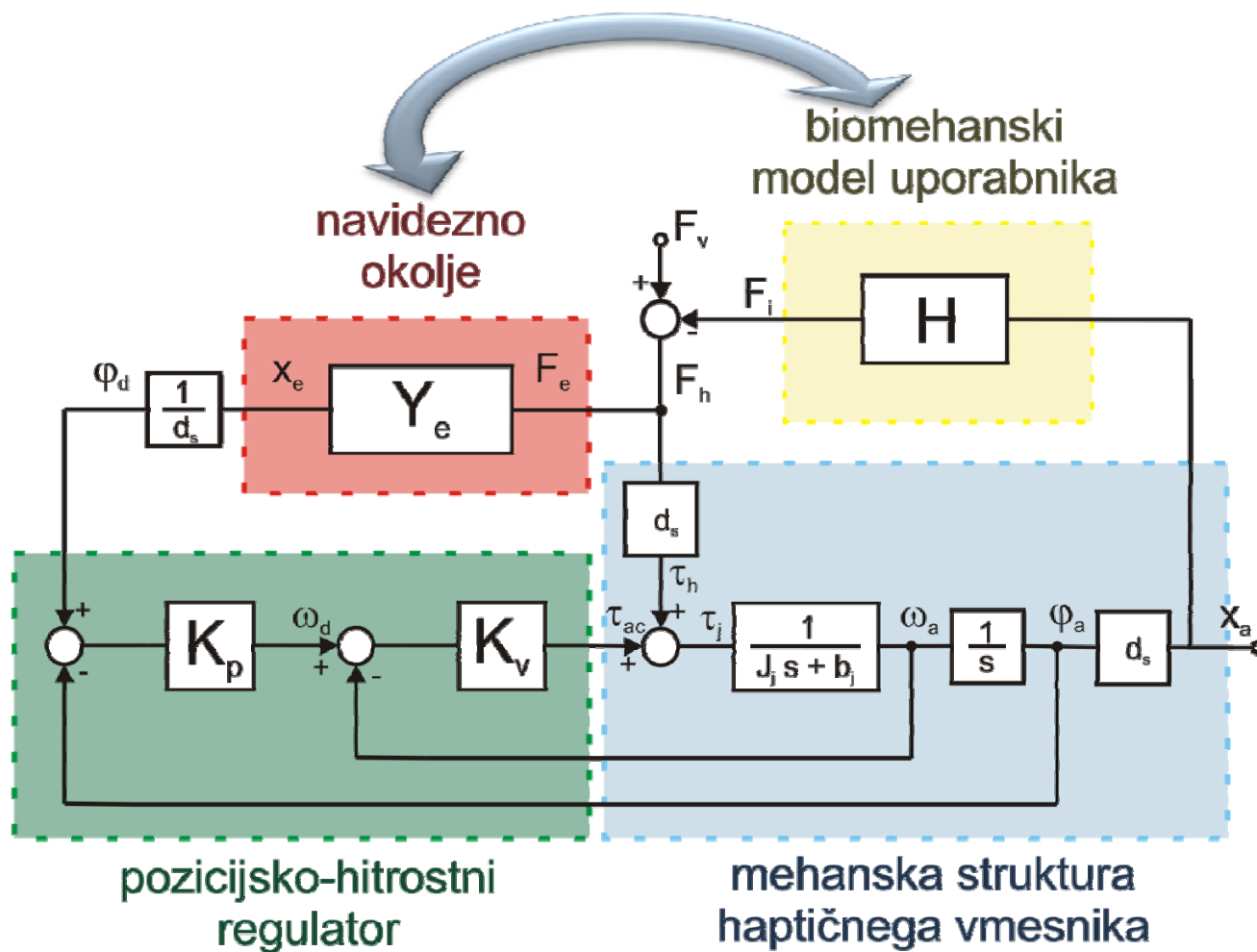
Prijem in stabilnost haptičnih vmesnikov



- V določenih pogojih lahko **tog prijem** pripelje do **nestabilnega delovanja** haptičnega vmesnika

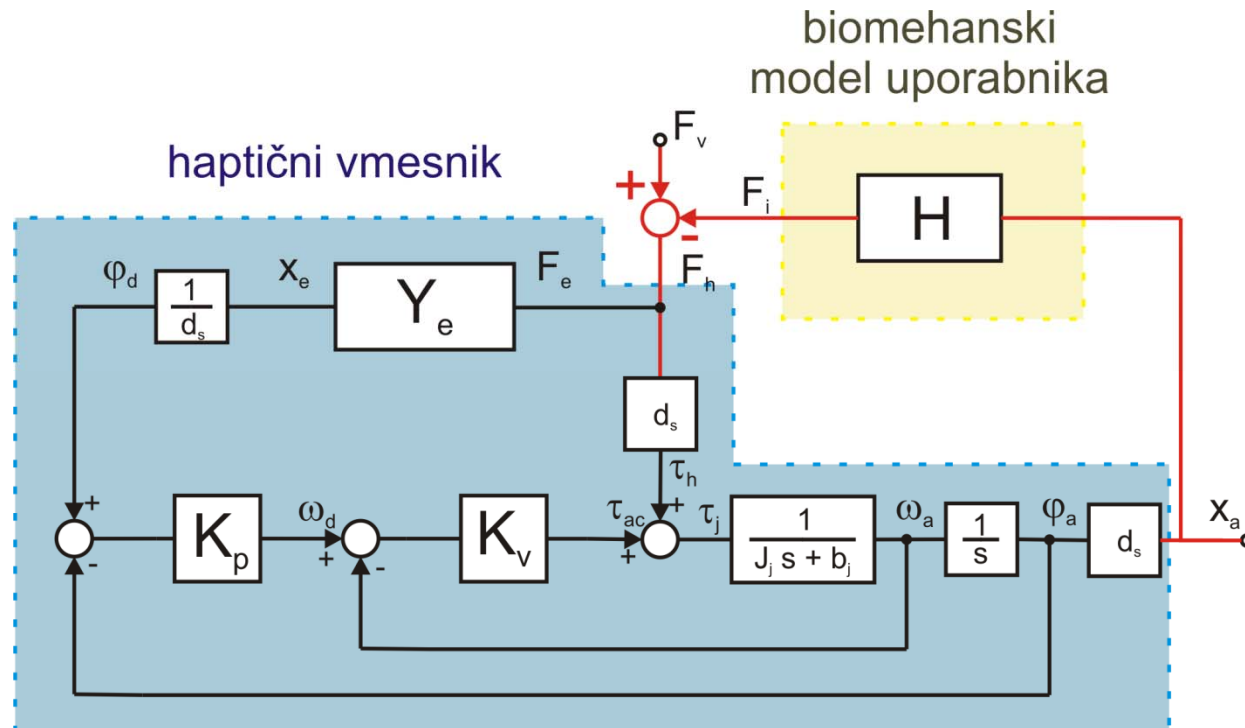


Model haptične interakcije



Prijem in stabilnost – ugotovitve

- Stabilnost odvisna od sile prijema
- Velikost sile prijema odvisna od parametrov navideznega okolja
- Nastanek pozitivne povratne zanke



Sistem HEnRiE

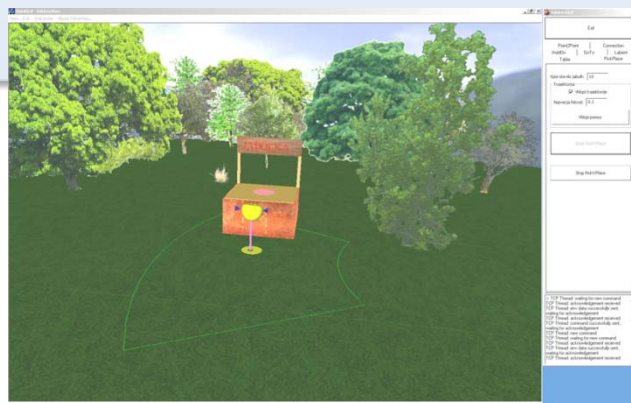
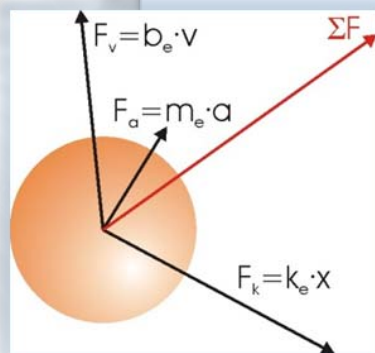
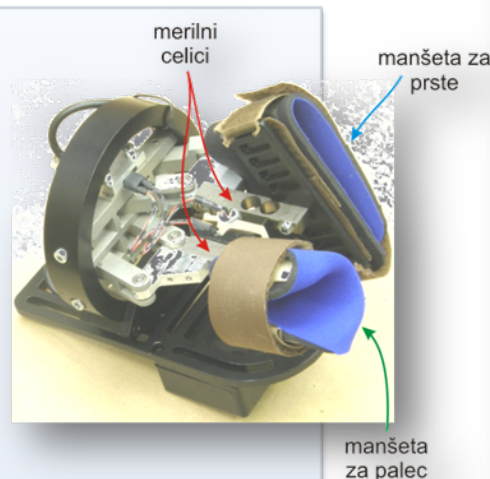
- Haptično okolje za vadbo seganja in prijemanja (ang. Haptic Environment for Reaching and Grasping Exercise)
- Vadba seganja, prijemanja in prenašanja navideznih predmetov.
- Naprava združuje haptični vmesnik in modul za prijemanje.



Gradniki sistema HEnRiE



- Haptični vmesnik HapticMaster
- Modul za prijemanje
- Sistem za 3D grafično prikazovanje
- Sistem za kompenzacijo teže roke
- Haptična navidezna okolja
- Programska oprema sistema za vodenje robota, nadzorniškega programa, grafičnega uporabniškega vmesnika in vizualizacije



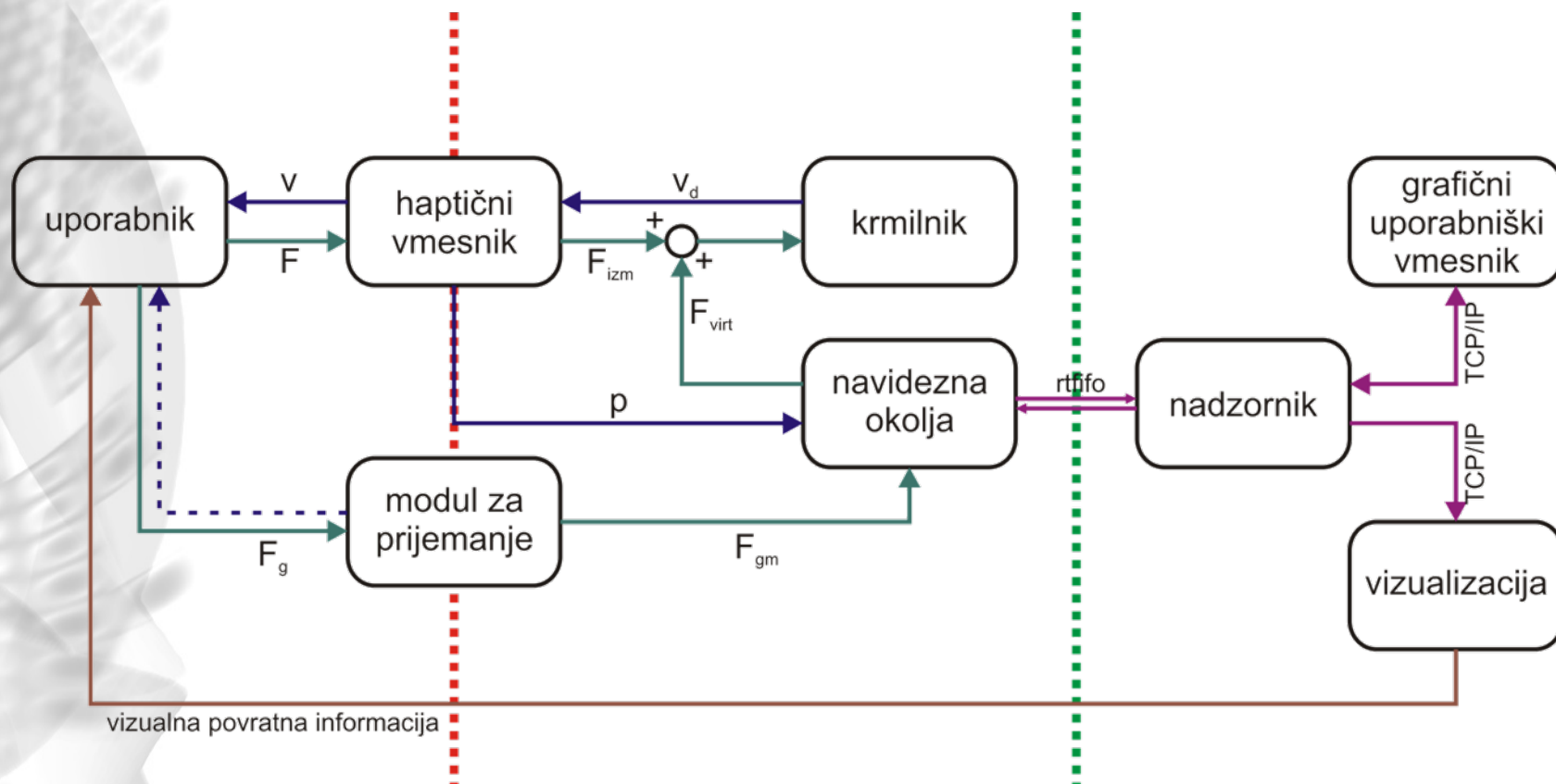
projektorja s polarizacijskimi filtri

projekcijski zaslon

manšeti

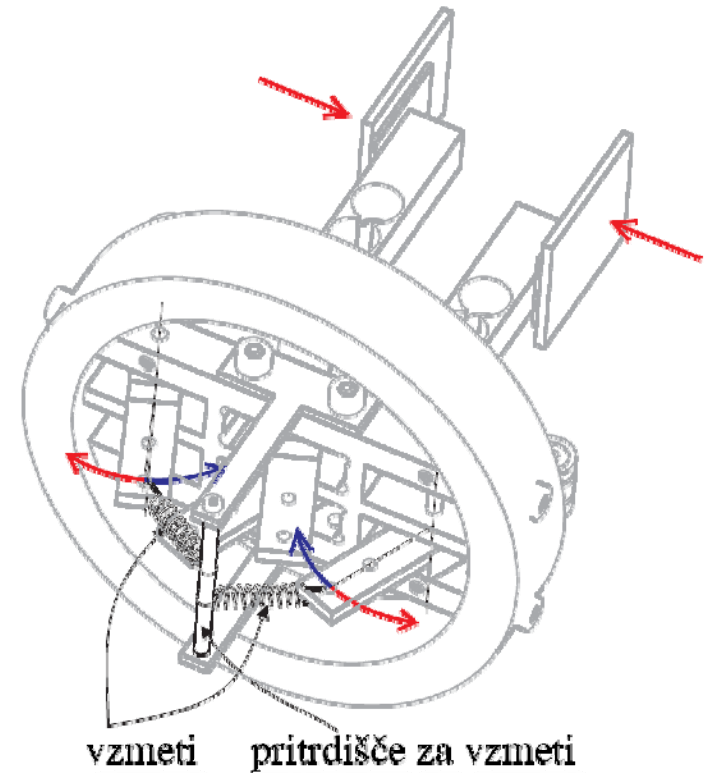
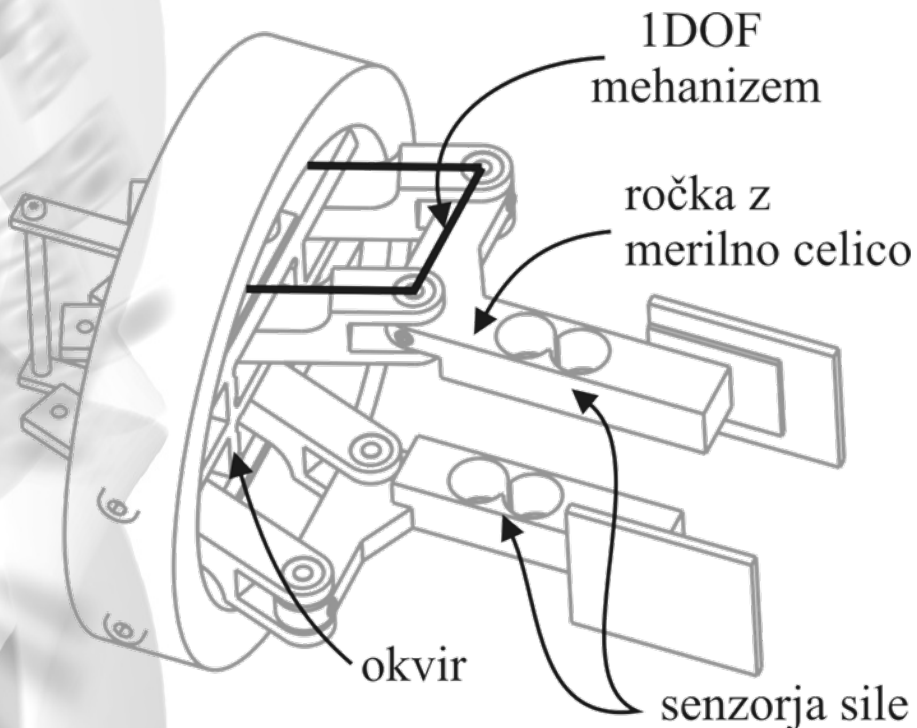


Organizacija sistema HEnRiE



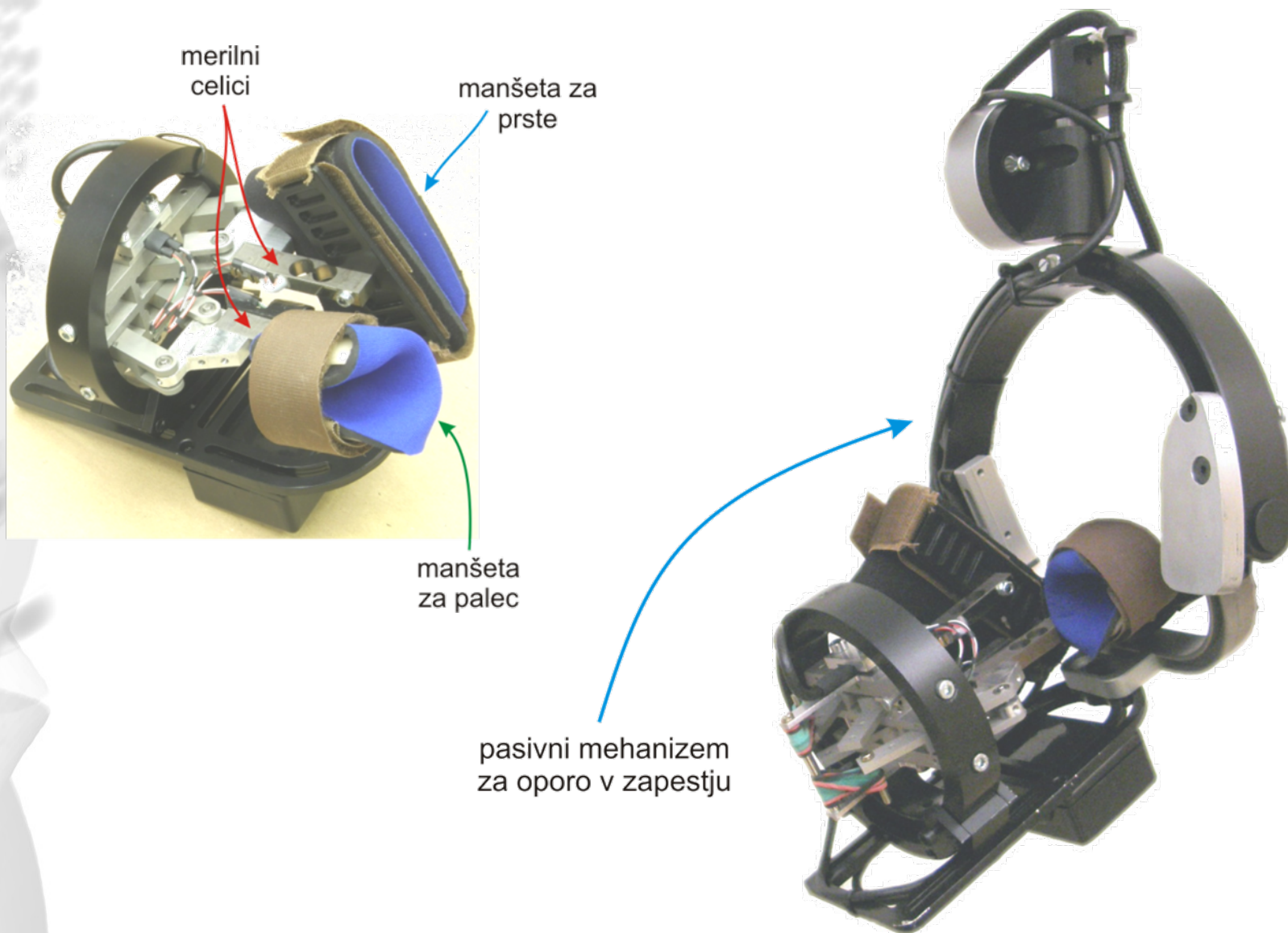
Modul za prijetanje

- Paralelogramski mehanizem z 2 prostostnima stopnjama
- 2 merilni celici za merjenje sile prijema



- Pasivna haptičnost

Modul za prijetanje

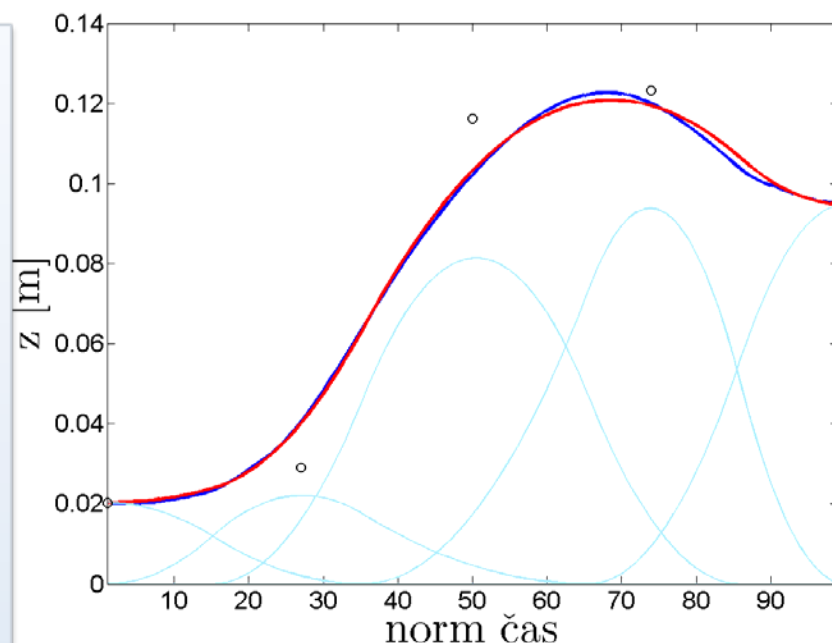


Seganje v navideznem prostoru



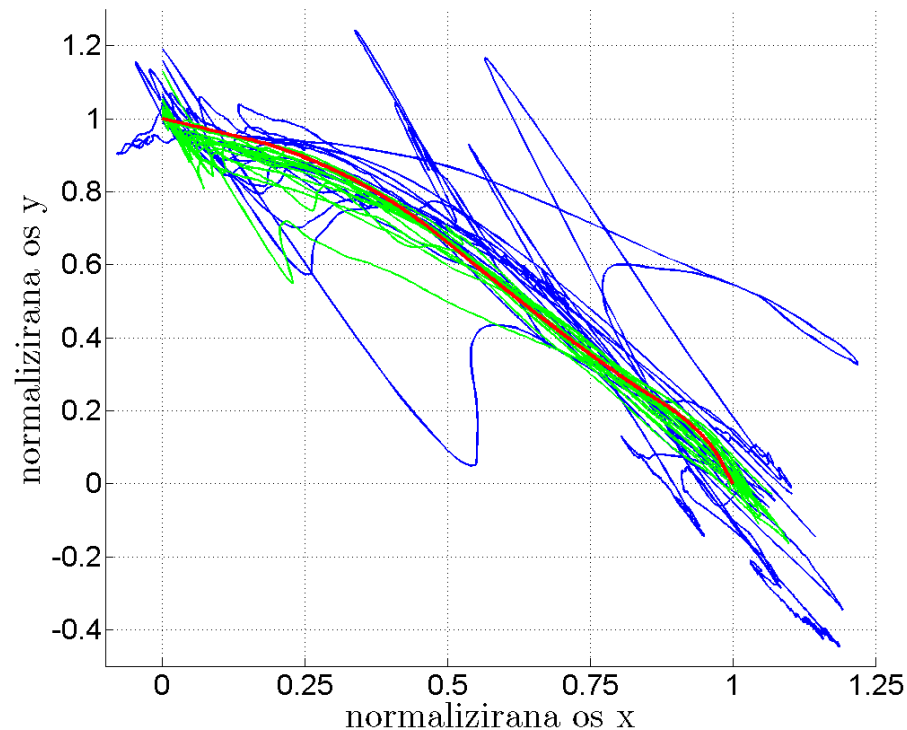
- Gib roke iz začetne do končne točke v 3d prostoru navideznega okolja
- tir roke je **ukrivljen** in rahlo odstopa od daljice

- Pot giba roke je opisana z **B-zlepki**
- Namen je opisati gib roke s čim manjšim številom parametrov
- Aproksimacija je **središčnica** za haptično pot



Haptična pot

- Haptične poti so namenjene kot pomoč pri gibanju roke med dvema točkama
- Omogočajo gibanj vzdolž poti, prečno pa omeji gibanje
- Uporabnik lažje doseže ciljno točko, saj pot vodi gibanje roke

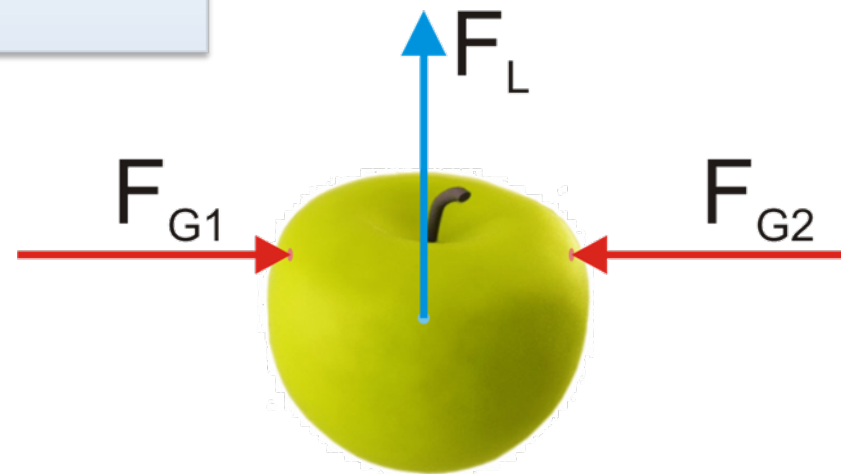


Prijemanje v navideznem prostoru

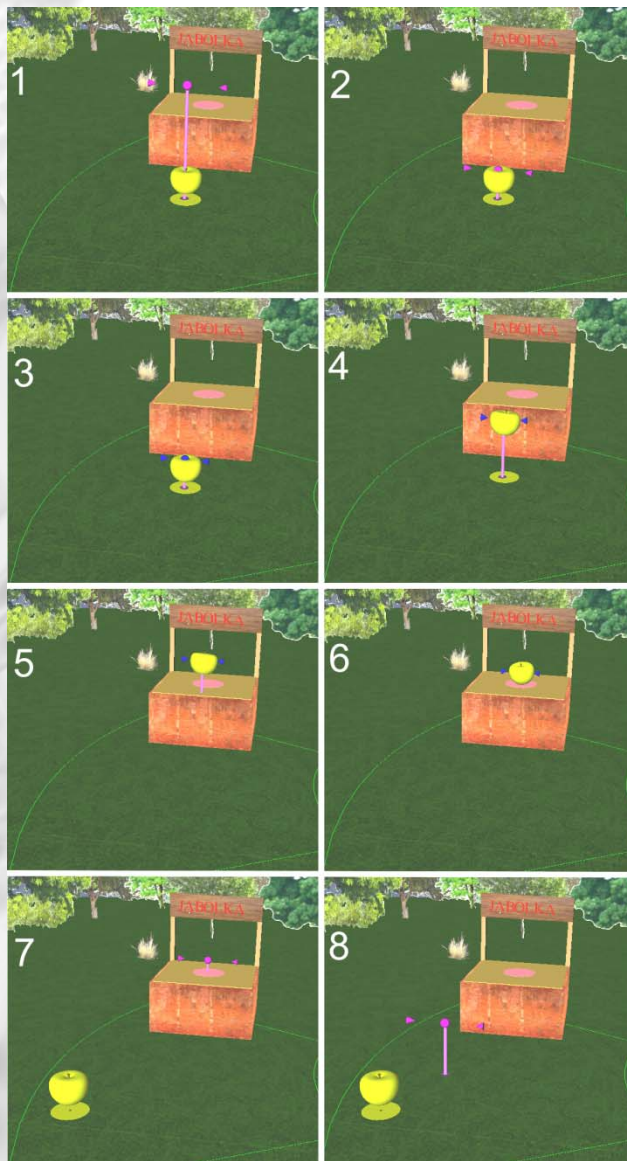


- Prijem v dveh kontaktnih točkah
- F_L – sila obremenitve
- F_G – sila prijema

- Prijem s pragovi

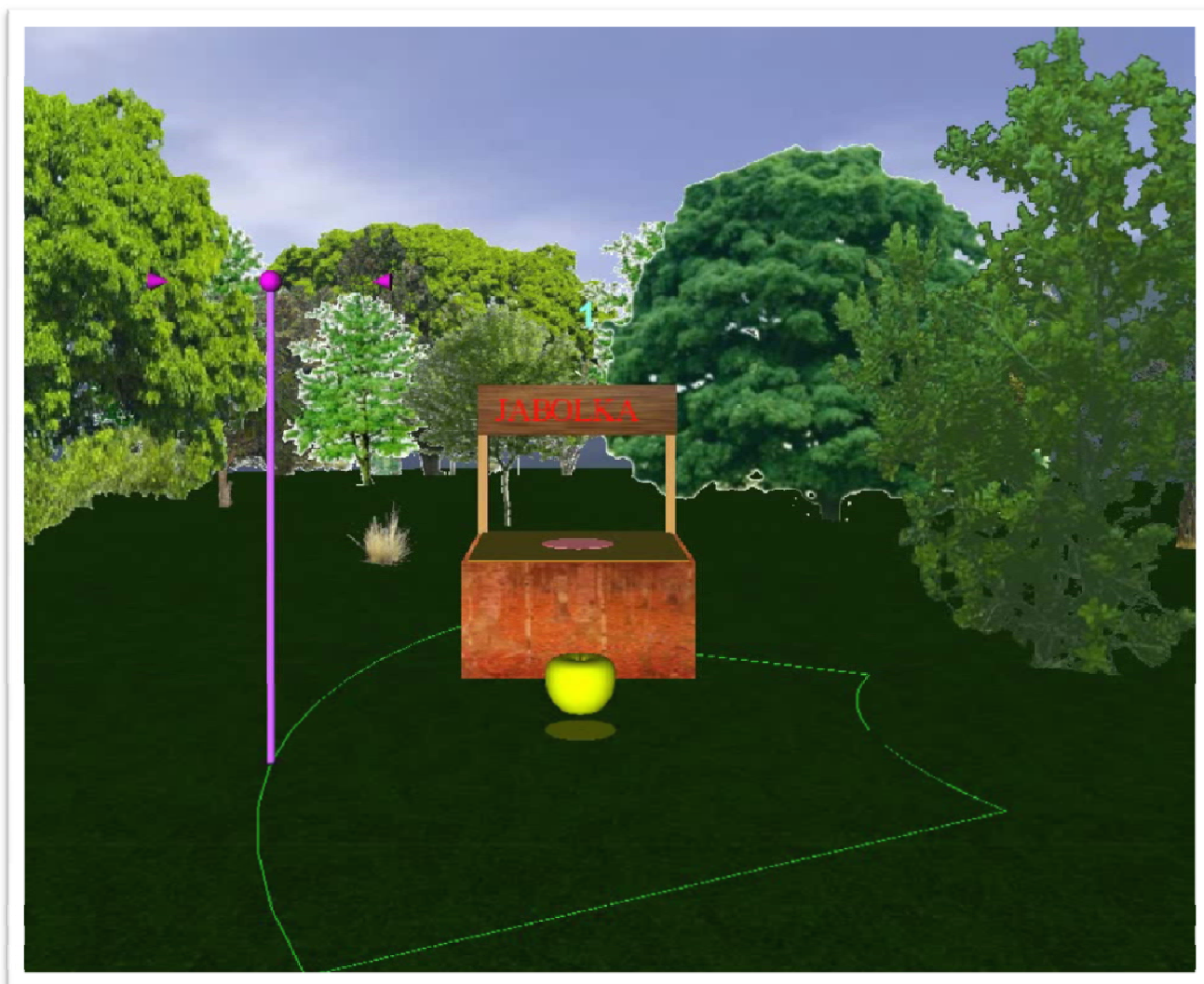


Naloga prijetanja in prestavljanja

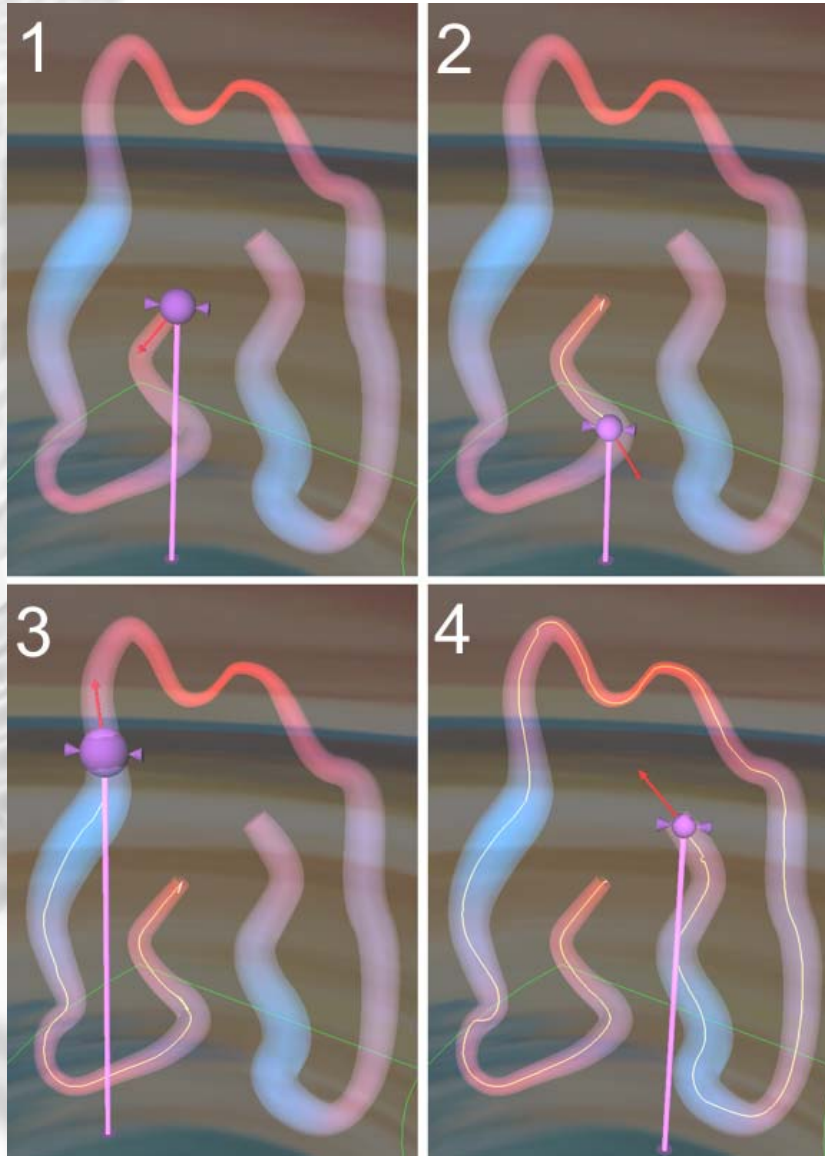


- **Cilj:** pobrati navidezni predmet in ga prestaviti na novo mesto
- Uporabnik mora izvajati zadostno silo prijema in gibati roko
- **Metodologija:**
 - Prijeti in prestaviti 20 jabolk na stojnico
 - Sila prijema
 - Sila obremenitve
 - Gibanje roke

Naloga prijetnanja in prestavljanja

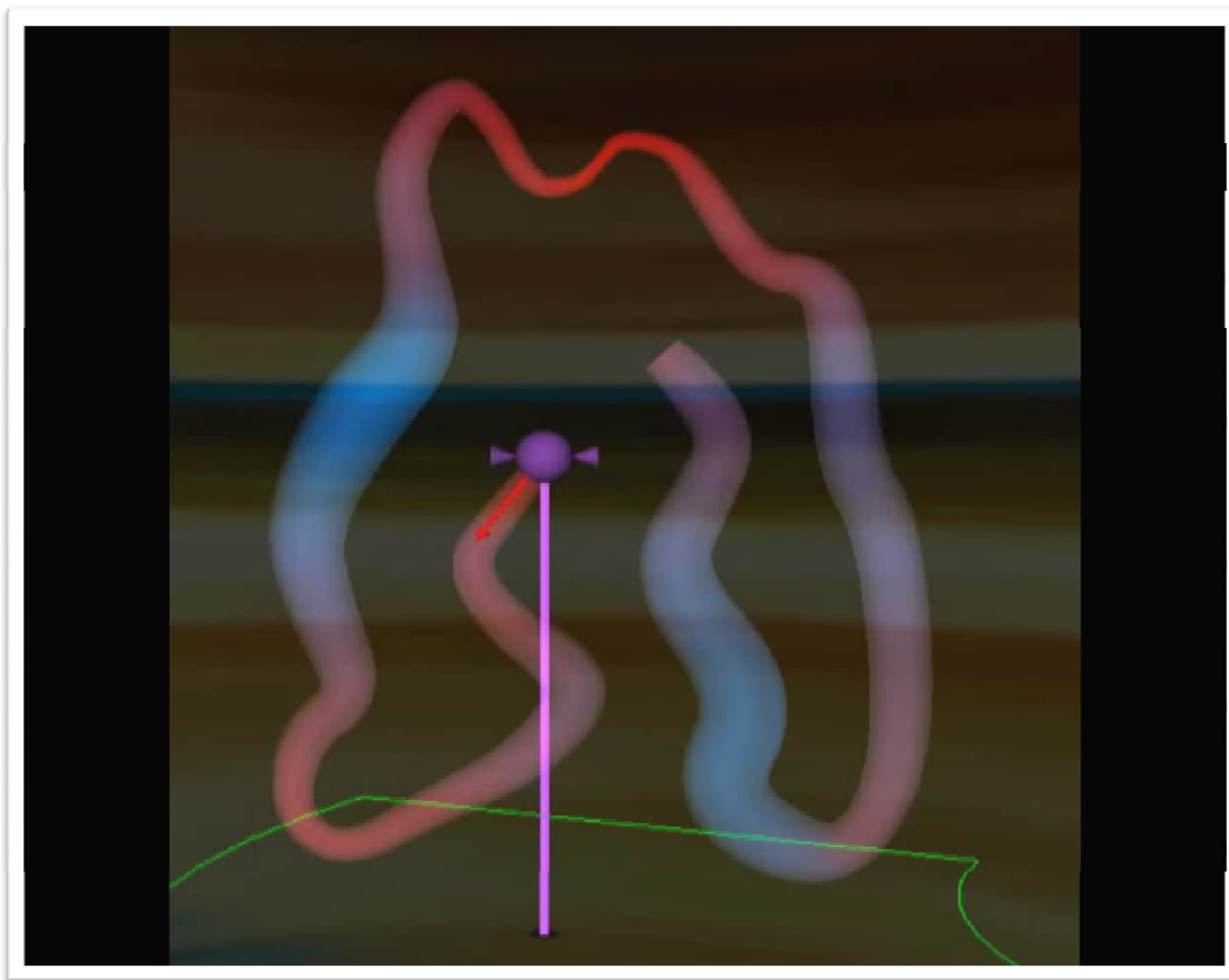


Naloga zavita cev



- **Cilj:** prepotovati celotno pot cevi od začetka do konca in nazaj
- Uporabnik mora izvajati primerno silo prijema in gibati roko
- **Metodologija:**
 - Sila prijema
 - Gibanje roke

Naloga zavita cev



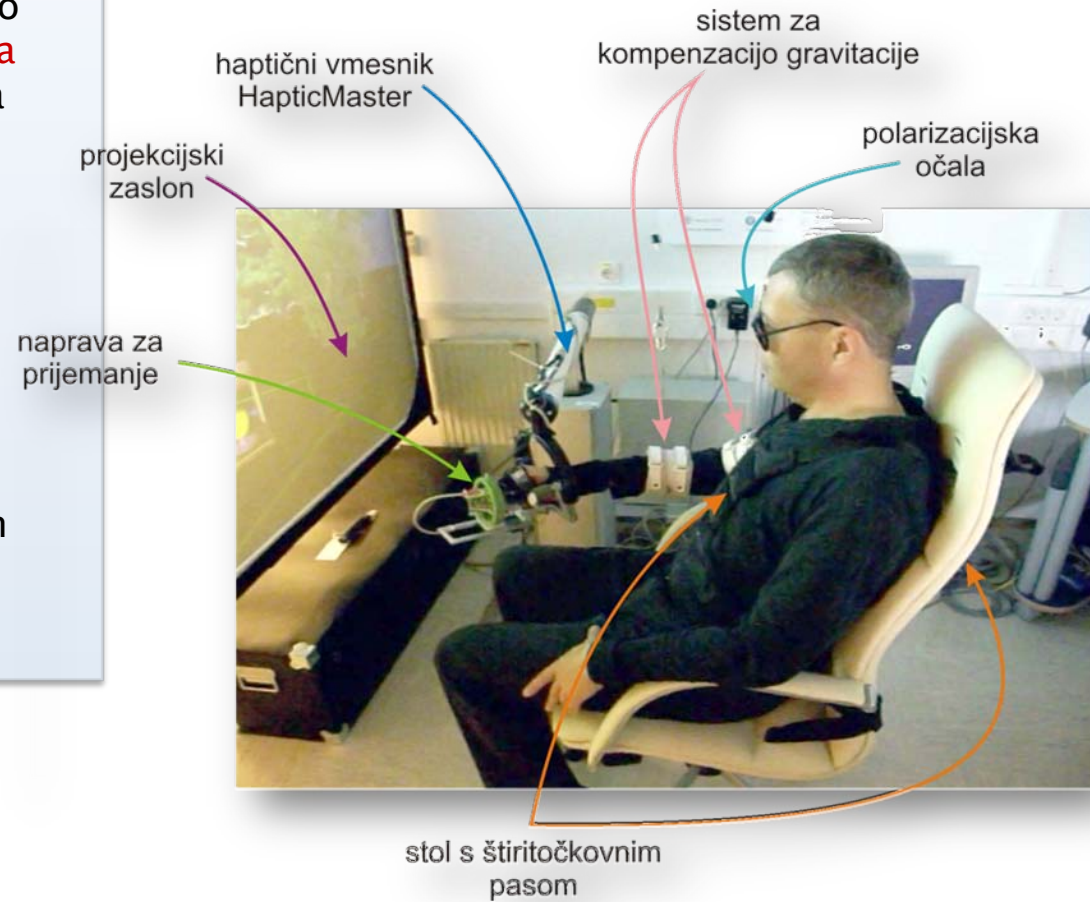


Namen meritev s sistemom HEnRiE

- Primerjava seganja in prijemanja v haptičnih okoljih in resničnih okoljih
- Primerjava seganja in prijemanja med osebami brez motoričnih motenj in osebami po možganski kapi v haptičnih okoljih
- Testiranje primernosti HEnRiE sistema za meritve na osebah po kapi
- Demonstracija robotsko podprte rehabilitacije s sistemom HEnRiE na dveh osebah po kapi

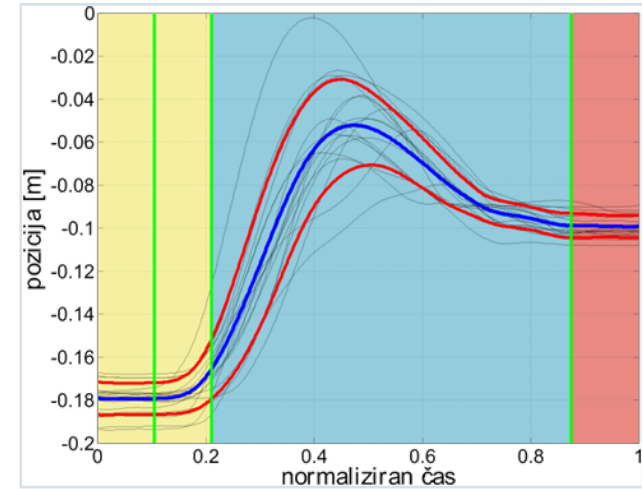
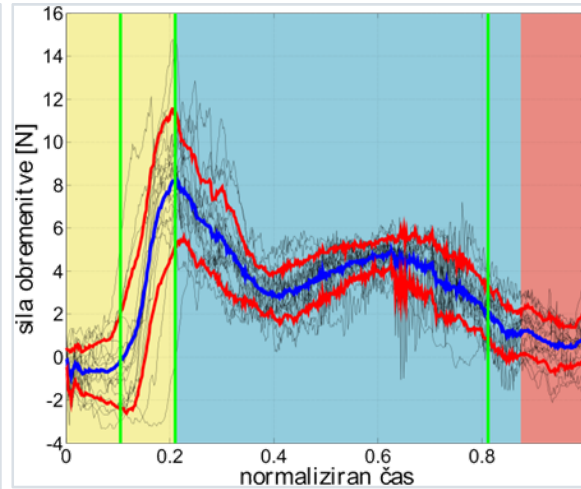
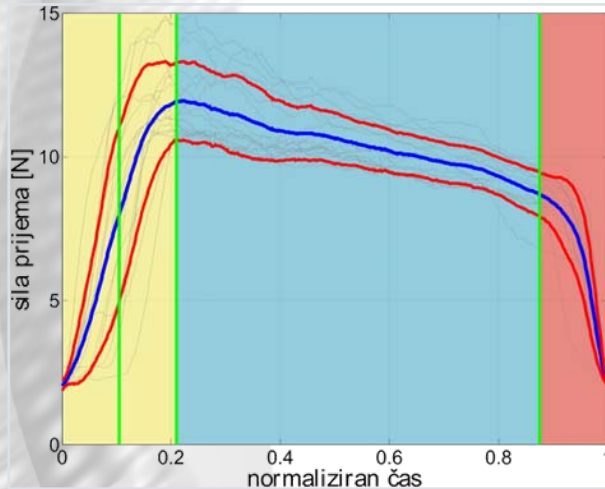
Protokol meritev

- Dva kronična bolnika po možganski kapi
- Obe osebi sta imeli poškodbo levega dela možganov, **desna roka** je bila dominantna roka pred poškodbo
- Oseba A: **10 terminov**
Oseba B: **9 terminov**
- Posamezni termin:
 - 45 minut
 - 4x naloga prijemanja in prestavljanja
 - 4x naloga zavita cev





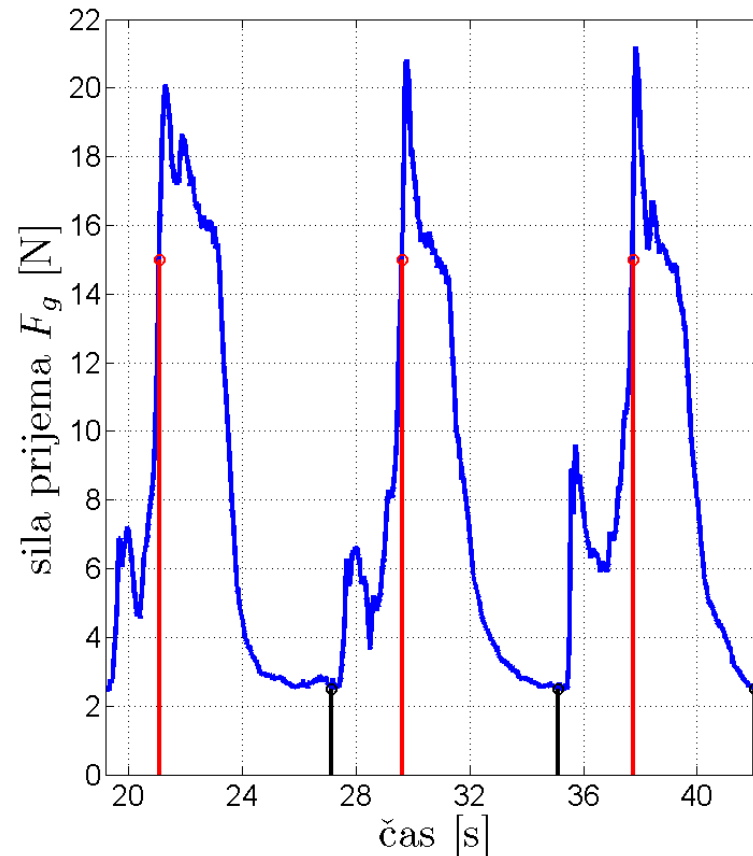
Faze seganja in prijemanja



- Faza prijemanja – zagotovitev stabilnega prijema
- Faza prenašanja – prenašanje navideznega predmeta
- Faza razbremenitve – odlaganje in izpust predmeta

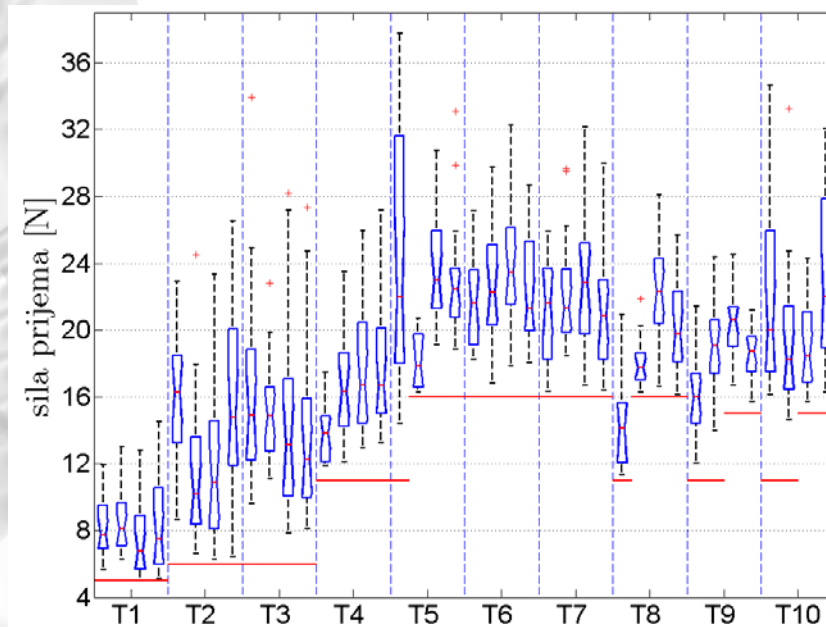
Rezultati – naloga prijetanja in prestavljanja

- Prag za prijem navideznega predmeta
- Prag za izpust navideznega predmeta

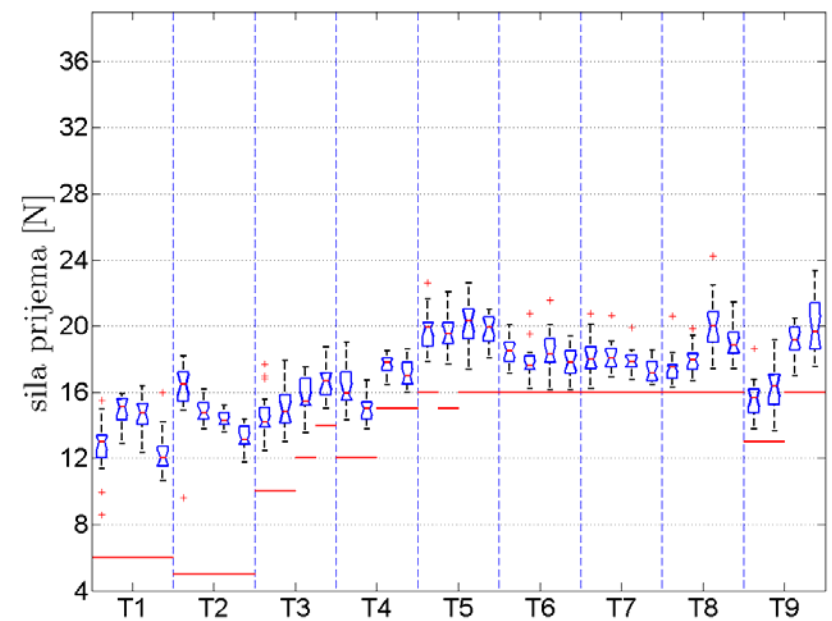


Rezultati – naloga prijetanja in prestavljanja

■ Sila prijema pri prijemu predmeta



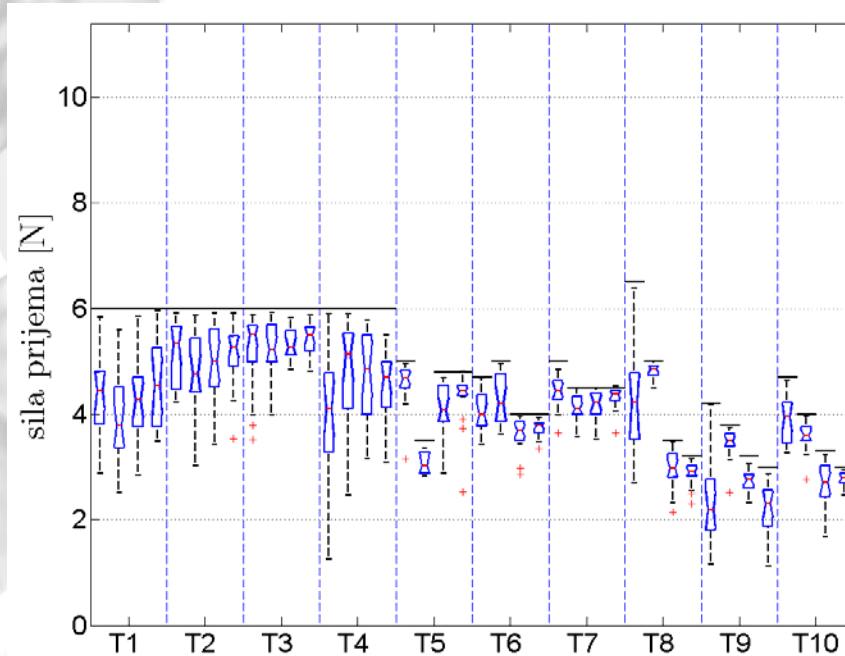
Oseba A



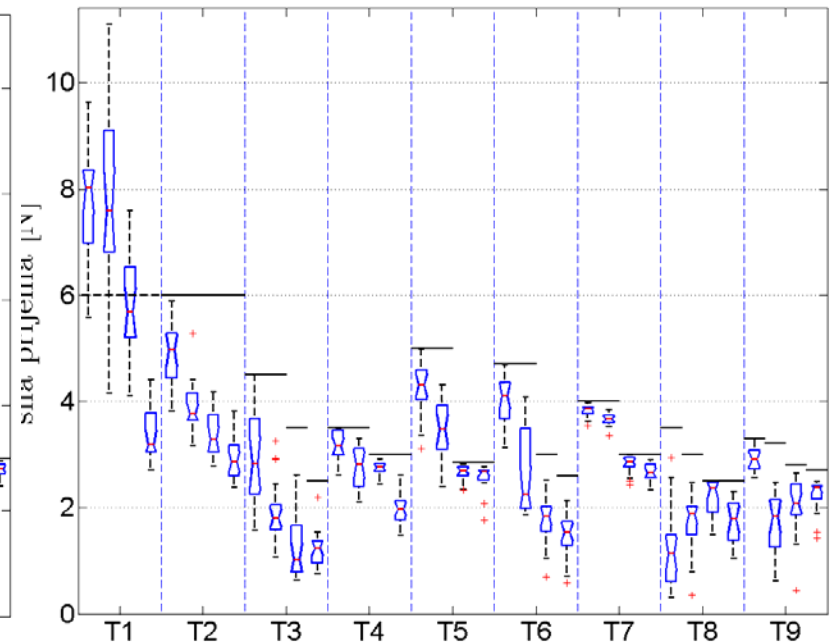
Oseba B

Rezultati – naloga prijetanja in prestavljanja

■ Sila prijema pri izpustu predmeta



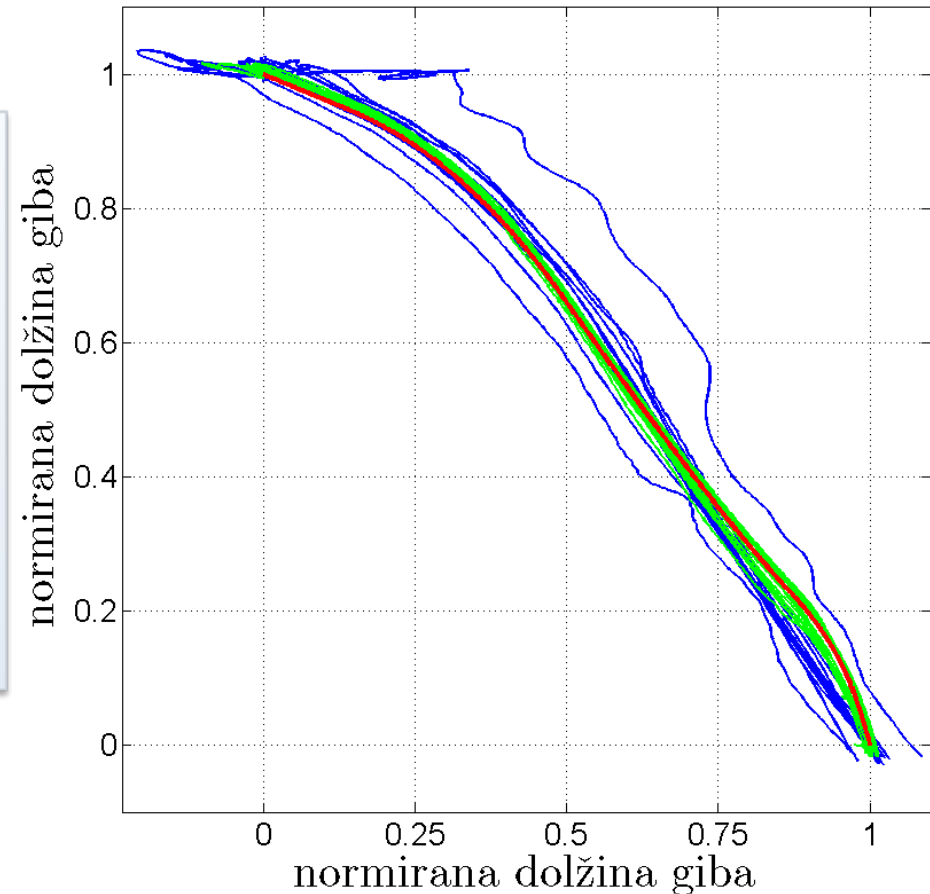
Oseba A



Oseba B

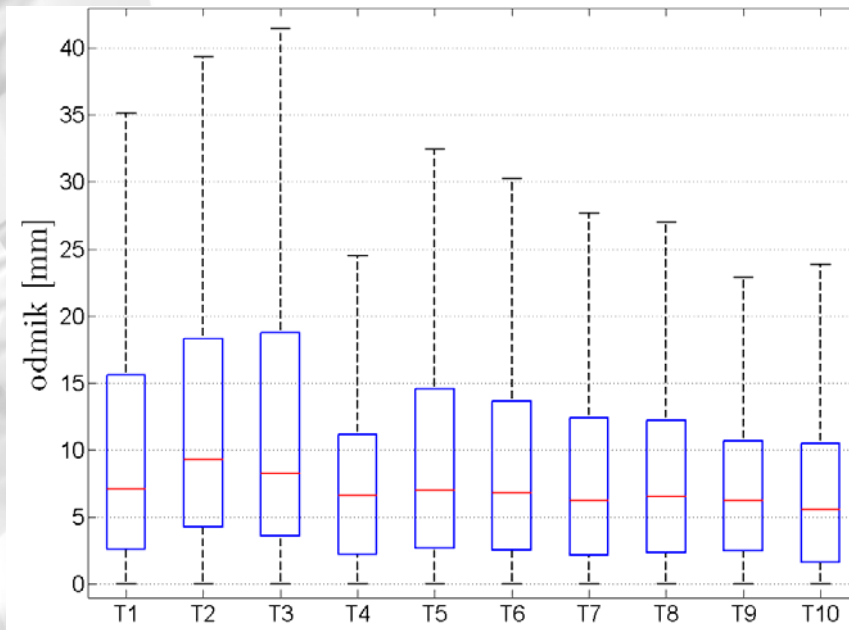
Rezultati – seganje

- Haptične poti so namenjene vodenju roke pri gibu seganja.
- V robotsko podprti rehabilitaciji **haptična pot nadomešča vodene gibe** roke pacienta, ki jih izvaja pri običajni terapiji **terapevt**.

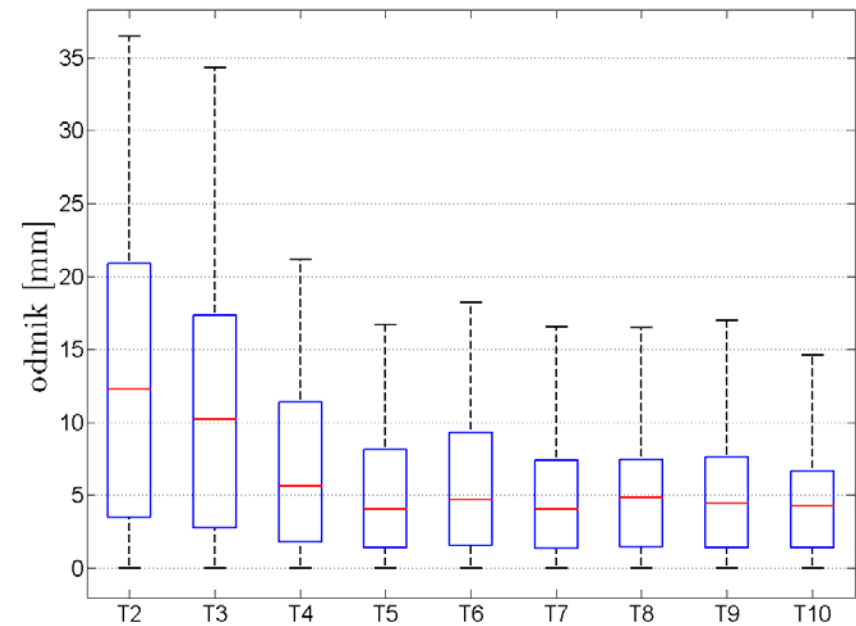


Rezultati – seganje

- Odmik od središčnice



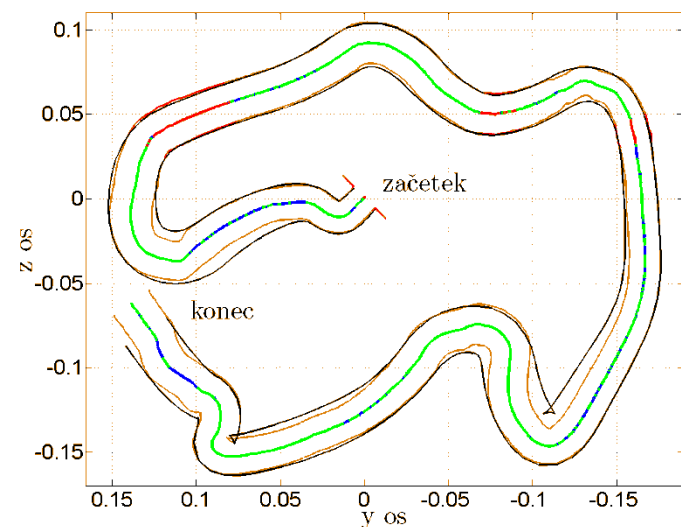
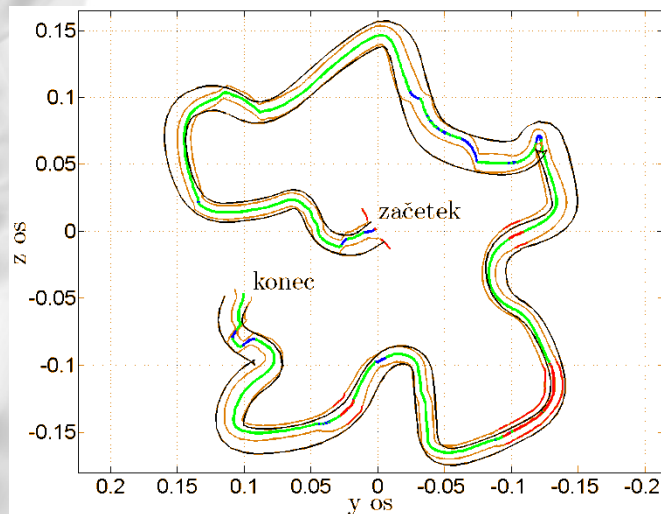
Oseba A



Oseba B

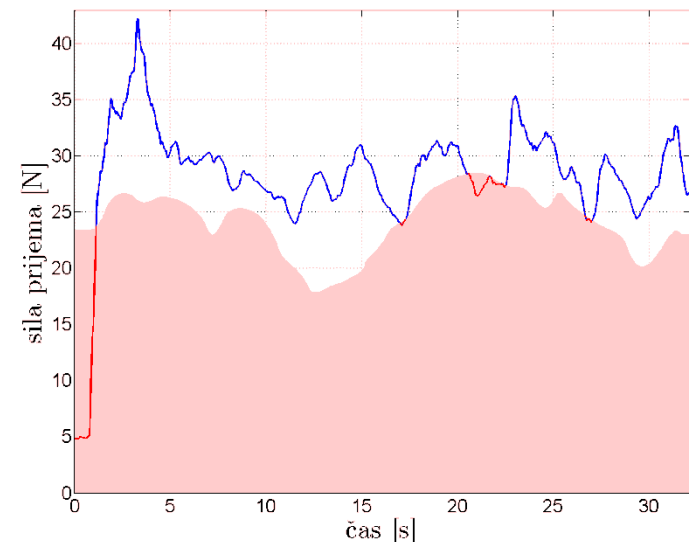
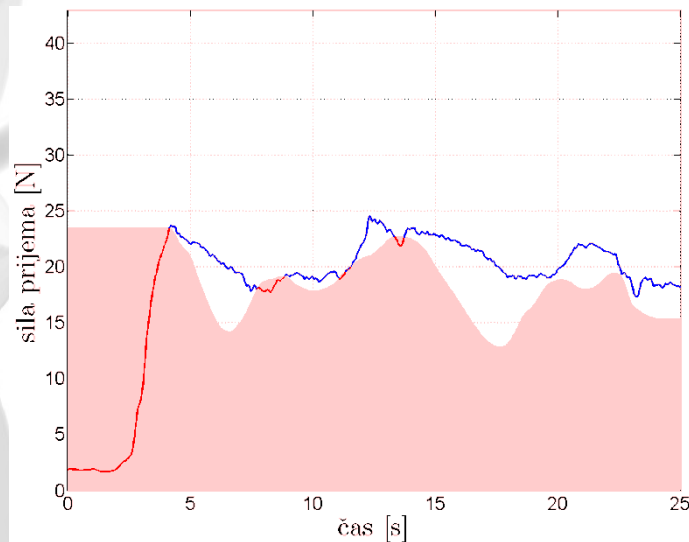
Rezultati – naloga zavita cev

- Drsenje žogice: kontakt s steno – 75 % poti
- Žogica se zatakne: prevelik premer
 - Oseba A – 20 % poti
 - Oseba B – 10 % poti
- Prosto gibanje žogice: ni v kontaktu s steno
 - Oseba A – 2 % poti
 - Oseba B – 10 % poti



Rezultati – naloga zavita cev

- Sledenje premeru tunela in minimalni potrebni sili prijema
 - Oseba A – vrednost korelacije 0.13
 - Oseba B – vrednost korelacije 0.31
- Vrednost korelacije med povprečnim premerom cevi in povprečnim premerom žogice – med 0.80 in 0.90
- Vrednost korelacije med najmanjšim premerom cevi in najmanjšim premerom kroglice – med 0.80 in 0.90



Zaključki



- Tako eksperimentalno kot z modelom je mogoče oceniti vpliv prijema na stabilnost haptičnega vmesnika
- Kombinacija haptičnega vmesnika in merilnika sile prijema omogoča
 - študij koordinacije gibanja in izvajanja sile prijema
 - nov nabor nalog za vadbo seganja in prijemanja
- Seganje in prijemanje v haptičnih navideznih okoljih poteka podobno kot v resničnem okolju
- Sistem HEnRiE omogočajo hkratno vadbo seganja in prijemanja



Izvirni prispevki

- Razumevanje in ovrednotenje interakcije med človekom in robotom, ki povzroči nestabilnost haptičnega vmesnika ter prikaz vpliva sile človekovega prijema na stabilnost haptičnega vmesnika.
- Razvoj in izgradnja dveh izvirnih naprav za merjenje sile človekovega prijema v kombinaciji z robotom za urjenje giba roke.
- Razumevanje in ovrednotenje koordinacije med silo obremenitve in silo prijema.
- Okolje za robotsko urjenje in merjenje hkratnega gibanja roke in prijemanja.

Objave



Mednarodne revije v bazi SCI

- Podobnik Janez, Munih Marko. Robot-assisted evaluation of coordination between grasp and load forces in a power grasp in humans. *Adv. robot.*, 2006, vol. 20, no. 8, str. 933–951.
- Podobnik Janez, Munih Marko. Haptic interaction stability with respect to grasp force. *IEEE trans. syst. man cybern., Part C Appl. rev.*, Nov. 2007, vol. 37, no. 6, str. 1214–1222.

Mednarodne konference

- Podobnik Janez, Munih Marko. Improved haptic interaction control with force filter compensator. V: IEEE 9th International Conference on Rehabilitation Robotics, Chicago, June 28– July 1, 2005. *ICORR*. [Piscataway: Institute of Electrical and Electronics Engineering: = IEEE], 2005, str. 160–163.
- Podobnik Janez, Munih Marko. Evaluation of coordination between grasp and load forces in power grasp in humans with a haptic interface. V: IEEE International Conference on Robotics and Automation, May 15–19, 2006, Orlando, Florida, USA. *Proceedings of ICRA 2006*. Piscataway: Institute of Electrical and Electronics Engineers: = IEEE, cop. 2006, str. 2807–2812.
- Podobnik Janez, Munih Marko. Comparison of grip action triggered by haptic or visual cue. V: *ICORR'07*. Piscataway: Institute of Electrical and Electronics Engineers: = IEEE, 2007, str. 75–80.
- Mihelj Matjaž, Podobnik Janez, Munih Marko. HEnRiE – haptic environment for reaching and grasping exercise. V: The Second IEEE/RAS-EMBS International Conference on Biomedical Robotics and Biomechatronics, Scottsdale, Arizona, USA, October 19–22, 2008. *BioRob 2008*. [Piscataway]: IEEE, 2008, str. 907–912.
- Podobnik Janez, Činkelj Justin, Munih Marko. Hand and arm rehabilitation system. V: SHARKEY, Paul (ur.). The 7th International Conference on Disability, Virtual Reality and Associated Technologies with Artabilitation, 8–11 September 2008, Maia, Portugal. *Proceedings*. Reading: University of Reading, School of Systems Engineering, cop. 2008, str. 237–244.