

# Evocirani potencijali u neurolingvistici znakovnih jezika

---

**Radošević, Tomislav**

**Master's thesis / Diplomski rad**

**2017**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University of Zagreb, Faculty of Education and Rehabilitation Sciences / Sveučilište u Zagrebu, Edukacijsko-rehabilitacijski fakultet**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:158:150661>

*Rights / Prava:* [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-07-18**



*Repository / Repozitorij:*

[Faculty of Education and Rehabilitation Sciences - Digital Repository](#)



Sveučilište u Zagrebu  
Edukacijsko-rehabilitacijski fakultet

Diplomski rad  
Evocirani potencijali u neurolingvistici znakovnih jezika

Tomislav Radošević

Zagreb, rujan 2017.

Sveučilište u Zagrebu  
Edukacijsko-rehabilitacijski fakultet

Diplomski rad  
Evocirani potencijali u neurolingvistici znakovnih jezika

Tomislav Radošević

doc. dr. sc. Marina Milković

izv. prof. dr. sc. Marijan Palmović

Zagreb, rujan 2017.

Zahvaljujem mentorici doc. dr. sc. Marini Milković na savjetima, temeljitom iščitavanju ovog rada, stručnoj i moralnoj podršci tijekom ovih godina studiranja, i najviše na prenošenju žara za hrvatski znakovni jezik.

Zahvaljem sumentoru izv. prof. dr. sc. Marijanu Palmoviću na savjetima, strpljivim odgovorima na moja bezbrojna pitanja o evociranim potencijalima, kao i za sve prenesno znanje o jeziku i neurolingvistici.

Hvala prof. dr. sc. Ronnie Wilbur, prof. dr. sc. Dietmaru Roehmu i dr. sc. Juliji Krebs na brojnim savjetima i prilikama za učenje.

Velika hvala mojoj obitelji na svakoj podršci u životu. Hvala i mojim prijateljima jer su uvijek bili tu.

### **Izjava o autorstvu rada**

Potvrđujem da sam osobno napisao rad *Evocirani potencijali u neurolingvistici znakovnih jezika* i da sam njegov autor.

Svi dijelovi rada, nalazi ili ideje koje su u radu citirane ili se temelje na drugim izvorima jasno su označeni kao takvi te su adekvatno navedeni u popisu literature.

Tomislav Radošević

Zagreb, rujan 2017.

## **Evocirani potencijali u neurolingvistici znakovnih jezika**

Tomislav Radošević

doc. dr. sc. Marina Milković

izv. prof. dr. sc. Marijan Palmović

Sveučilišni diplomski studij logopedije

### Sažetak rada

Istraživanja znakovnih jezika evociranim potencijalima relativno su mlad pristup u neurolingvistici. Unatoč malom broju ovakvih istraživanja, pokriveni su različiti jezični fenomeni, no dosad nije postojao njihov pregled. U skladu s time, cilj ovoga preglednog diplomskog rada jest prikazati dosadašnje spoznaje o primjeni evociranih potencijala u istraživanju sastavnica znakovnih jezika te utvrditi postoje li specifičnosti u obradi vezane za modalitet. Istraživanja fonologije pokazala su da je u obradi lokacija dominantan parametar, tj. da se obrađuje prije oblika šake te da isti fonološki parametri dovode do kompeticije u aktivaciji, slično kao u istraživanjima mentalnog leksikona u govornim jezicima. Također, čini se kako su obrada parametra lokacije u znakovnom i obrada rime u govornom jeziku slični procesi. U prilog povezanosti fonoloških sustava ide i koaktivacija u obradi minimalnih parova, kako unutarmodalno, tako i krosmodalno. Istraživanja morfosintakse dominantno su se oslanjala na kršenje specifikacija glagola, najčešće glagola sročnosti. Rezultati nisu konzistentni: dobivena je klasična dvofazna LAN-P600 obrada za ASL i DGS, ali za istu vrstu pogreške u drugom istraživanju DGS-a, komponente su obrnute. Neispravni oblici jednostavnih glagola u obradi su praćeni samo difuznim pozitivnim otklonom. Rečenice s pogrešno upotrijebljenim klasifikatorima uzrokovale su dvofaznu obradu, LAN i P600, koje se u govornim jezicima smatraju odrazom morfosintaktičke obrade. U istraživanjima semantike postoji veće podudaranje u rezultatima. Sva su opisana istraživanja dobila N400 za znakove koji se ne uklapaju u rečenični kontekst. Zanimljivo je kako obrada geste na mjestu znaka u obradi nije uzrokovala N400, nego pozitivni otklon s vrhom oko 650 ms, što jasno upućuje na razlikovanje jezičnih i nejezičnih informacija. Također, pokazano je da je aktivacija ikoničnih znakova brža. Opisana istraživanja navode nas na zaključak da je obrada znakovnih i govornih jezika u određenoj mjeri slična, ali postoje i razlike. Jesu li te razlike rezultat samo razlika u modalitetu, nije potpuno jasno, s obzirom da su istraživanja znakovnih jezika evociranim potencijalima relativno mlada. Ono što je svakako jasno jest da se radi o metodološki složenim istraživanjima gdje je potrebno puno pažnje uložiti u konstrukciju i način prikazivanja podražaja te umetanje trigera jer je jezična obrada fluidan i kontinuirani proces bez obzira na modalitet jezika.

Ključne riječi: evocirani potencijali, znakovni jezik, neurolingvistika, jezična obrada

## **Event-Related Potentials in the Neurolinguistics of Sign Languages**

Tomislav Radošević

Marina Milković, Ph.D., Assis. Prof.

Marijan Palmović, Ph.D., Assoc. Prof.

University graduate program in Speech-Language Pathology

### **Abstract**

Study of sign languages using event-related potentials (ERPs) is a young field of research in the neurolinguistics. Despite a small number of such studies, various language phenomena have been covered, but so far no review has been made. Accordingly, the aim of this diploma thesis is to present the current knowledge on researching sign language components using ERPs, and to determine if there are specificities in processing related to modality. Phonology research has shown that the place of articulation is a dominant parameter, i.e., it is processed before the handshape, and that the processing of some phonological parameters leads to competition in activation, similar to the research of the mental lexicon in the spoken languages. Also, it seems that location processing in sign language and rhyme processing in spoken language are similar processes. Intramodal and crossmodal coactivation during processing of minimal pairs supports the idea of interconnected phonological system. Research on morphosyntax mainly related to violation of the verb specifications, most commonly on violation of agreeing verbs. Results are inconclusive: ASL and DGS processing caused biphasic LAN-P600 components, but for the same violation type in other paper on DGS components were reversed - positivity followed by negativity. Processing agreement violations with plain verbs resulted in diffuse positive deflection. The sentences with incorrectly used classifiers caused two-phase processing, LAN and P600, which are in spoken languages considered as a reflection of morphosyntactic processing. In the research of semantics there is a greater match in the results. For sentences with semantically unexpected or anomalous signs, each study got N400. Conversely, processing sentences with gestures in place of a sign did not result in the N400, but in positive deflection peaking around 650 ms, which clearly indicates a processing distinction in linguistic and nonlinguistic informations. Also, iconic signs showed faster activation. The described research suggests that the processing of sign language and spoken language is to some extent similar, but there are differences. Are these differences only a difference in modality, is not entirely clear, since ERP research of sign languages is relatively young. What is certainly clear is that this is a methodologically complex research where you need to invest heavily in the construction and mode of stimuli presentation, as well as placing triggers, because language processing is a fluid and continuous process, regardless of the modality of language.

Key words: event-related potentials, sign language, neurolinguistics, language processing

## Sadržaj

1. UVOD	1
1.1. Evocirani potencijali	1
1.1.1. O komponentama	3
1.1.2. N400	4
1.1.3. ELAN, LAN i P600	6
1.2. Znakovni jezici	7
1.2.1. Fonologija	8
1.2.2. Morfosintaksa	10
1.2.3. Semantika	15
2. PROBLEMSKA PITANJA	17
3. PREGLED DOSADAŠNJIH SPOZNAJA	18
3.1. Fonološka obrada	18
3.2. Morfosintaktička obrada	25
3.3. Semantička obrada	33
4. ZAKLJUČAK	38
5. POPIS LITERATURE	39



# 1. UVOD

Jezik je složeni apstraktni sustav koji služi za komunikaciju među ljudima, a može se izražavati u auditivno-vokalnom modalitetu u slučaju govornih jezika (uključujući čitanje i pisanje u vizualnom) ili u vizuo-manualnom modalitetu u slučaju znakovnih jezika. Status znakovnih jezika kao pravih jezika potvrdila su brojna istraživanja (Fromkin i sur., 2011), prvenstveno lingvistička, ali su važan doprinos dala i psiholingvistička istraživanja o, primjerice, usvajanju znakovnih jezika kojima su se uvidjele krosmodalne sličnosti, ali i neke razlike specifične za modalitet. Osim ovih dvaju pristupa istraživanju jezika, postoje i brojna neurolingvistička istraživanja znakovnih jezika, a u okviru ovog diplomskog rada ograničit ćemo se na elektrofiziološka istraživanja u neurolingvistici.

## 1.1. Evocirani potencijali

O evociranim potencijalima ne može se govoriti bez elektroencefalografije kao tehnike u podlozi evociranih potencijala. Elektroencefalografija (EEG) prvi je put primijenjena 1929. godine, kada je Hans Berger snimao električnu aktivnost mozga elektrodama na skalpu te amplificirao (pojačavao) signal. U početku se mislilo da je dobivena, odnosno zabilježena elektrofiziološka aktivnost zapravo šum, no kasnija su istraživanja to opovrgnula (Luck, 2014). Danas znamo da aktivnost koju mjerimo EEG-om nastaje sumacijom eksitacijskih i inhibicijskih postsinaptičkih potencijala (a ne akcijskih potencijala), odnosno promjenom u naponu koja nastaje kada se neurotransmiteri vežu za membranu postsinaptičke stanice (Capek i Neville, 2015; Luck, 2014). Kada se postsinaptički potencijal pojavi u pojedinom neuronu, stvara se električni dipol; u više takvih neurona dipoli se zbrajaju i tako daju aktivnost koju bilježimo elektrodama, ali tu je aktivnost moguće bilježiti samo iz neurona koji su jednako orijentirani na kortikalnu površinu, i to okomito, jer se jedino u tom slučaju dipoli neće poništiti (Luck, 2014). Najvećim izvorom signala snimljenog površinskim elektrodama smatraju se piramidne stanice u neokorteksu (Kutas i Federmeier, 2007; Luck, 2014).

Međutim, sami EEG nam ne govori puno o kognitivnim i/ili jezičnim procesima koji se istražuju, odnosno iz elektrofiziološke aktivnosti dobivene EEG-om nije moguće iščitati

podatke o navedenim procesima. Razlog tomu je što EEG kontinuirano snima moždanu aktivnost koja je između 50 i 100  $\mu\text{V}$ , dok je aktivnost vezana uz podražaj svega 1-10  $\mu\text{V}$  (Ahlsén, 2006; Dobravac i Palmović, 2006). Dakle, kako bismo dobili specifičnu elektrofiziološku aktivnost, podražaj se mora ponavljati, odnosno, u slučaju istraživanja jezične obrade, potrebno je ispitaniku predstaviti veći broj podražaja, obično 50 do 150 rečenica ili riječi. Potom se signal „izrezuje“ u prethodno odabranim vremenskim jedinicama (eng. *time-locked epochs*) označenima trigerima<sup>1</sup>, a uprosječivanjem se izdvoji aktivnost vezana za podražaj od EEG-a, čime se dobivaju evocirani potencijali vezani za događaj (ERP) (Capek i Neville, 2015; Luck, 2014).

Važno je razgraničiti evocirane potencijale kao odgovor na osjetne podražaje od onih koji predstavljaju kognitivne i/ili jezične procese (ERP). Klasičnim evociranim potencijalima smatraju se vidni evocirani potencijali (VEP), evocirani potencijali moždanoga debla (BSEP), te somatosenzorni evocirani potencijali (SSEP) (Brinar, 2009). U ovome radu oni nisu predmet interesa te će se govoriti isključivo o ERP-u.

ERP je elektrofiziološka metoda koja nam primarno daje vrlo precizne informacije o tome kada se odvija obrada, i to reda veličine 1 milisekunde (ovisno o brzini uzorkovanja), što nam omogućuje praćenje faza u obradi podražaja, dok je manje koristan za informacije o tome gdje se podražaj obrađuje (Capek i Neville, 2015; Luck, 2014; Pulvermüller, 2007; Steinhauer i Connolly, 2008). Razlog potonjoj činjenici je što ERP, kako je već prije navedeno, mjeri postsinaptičke potencijale koji dovode do toga da neuroni postaju dipoli. Tu se pojavljuje takozvani inverzni problem koji znači da postoji nekoliko kombinacija tj. setova dipola koji mogu dati određenu voltažnu distribuciju, a ne možemo sa sigurnošću utvrditi koja je točno kombinacija dovela do trenutne distribucije (Luck, 2014). Nadalje, ljudski skalp ponaša se kao vodič, pa se struja s jednog dijela skalpa prenosi cijelom površinom (Capek i Neville, 2015), što znači da ako pretpostavimo da je izvor potencijala ispod određene elektrode, ne možemo sa sigurnošću reći da je to lokacija našeg izvora s obzirom da i druge elektrode na skalpu mjere tu istu aktivnost. Postoje metode u neurolingvistici i neuroznanosti koje imaju bolju prostornu rezoluciju, prvenstveno su to funkcionalna magnetska rezonancija (fMRI), tomografija emisije pozitrona (PET) i magnetoencefalografija (MEG) međutim njihova je

---

<sup>1</sup> Za riječ *triger* postoji hrvatski prijevod *okidač*, ali manje je u uporabi te je radi jasnoće prednost dana *trigeru*.

vremenska rezolucija slabija (Fridriksson, 2011; Luck, 2014). Dakle, ERP ima izvrsnu vremensku, ali slabu prostornu rezoluciju.

### 1.1.1. O komponentama

Nakon uprosječivanja prikupljenih podataka dobiva se elektrofiziološki val, odnosno uprosječeni signal kao odgovor na prikazane podražaje. Takav signal, odnosno val, naziva se komponentom, koja se „operacionalno može definirati kao set promjena u naponu koje su konzistentne s jednim neuralnim generatorom i koje sustavno variraju u amplitudi u uvjetima koji se istražuju, vremenu, osobama, itd. To jest, ERP komponenta jest izvor sustavnog i pouzdanog varijabiliteta u setu ERP podataka“ (Luck, 2014:68). Jednostavniju definiciju daju Steinhauser i Connolly (2008:91): „karakteristični mozgovni potencijali na skalpu za koje se pretpostavlja da su odraz specifičnih neurokognitivnih procesa.“

ERP komponente određuju četiri parametra: latencija, amplituda, polaritet i topografija (Kemmerer, 2015). Latencija je vrijeme izraženo u milisekundama nakon početka podražaja kada val postiže vrh (eng. *peak*), amplituda je jakost vala izražena u mikrovoltima, a može biti pozitivnog ili negativnog predznaka, odnosno polariteta (istraživački laboratoriji imaju različite običaje prikazivanja polariteta; uobičajena je praksa da se negativne vrijednosti prikazuju iznad, a pozitivne ispod osi), dok je topografija razmještaj efekta na skalpu, odnosno prema snimljenim elektrodama (primjerice, neki efekti se javljaju specifično centro-parijetalno).

Nadalje, ERP komponente možemo po vrsti podijeliti u tri grupe: egzogene, endogene i motoričke (Luck, 2014). Egzogene komponente su one koje moduliraju sama fizikalna obilježja podražaja koji se zadaje i one su uglavnom rane komponente te ne ovise o tome obraća li ispitanik pažnju na njih ili ne (Pulvermüller, 2007). Endogene komponente su obično kasn(ij)e komponente i, u pravilu, ovise o ispitanikovo(j)j pažnji te su odraz neuralne obrade vezane za sami podražaj. Motoričke komponente prate pripremu i izvedbu motoričkih pokreta, a u ovom kontekstu su relevantne jer se tijekom ispitivanja mogu i one dobiti.

Nazivi ERP komponenti su raznoliki, ali mogu se izdvojiti dvije „linije“ imenovanja: jedna je formalna, a druga funkcionalna (Luck, 2014). U formalnom nazivlju prvo slovo

obično označava polaritet komponente, dakle „P“ za pozitivno, a „N“ za negativno, dok broj iza tog slova označava latenciju. Primjerice, P600 je val pozitivnog odklona čiji je vrh 600 ms nakon početka podražaja. Međutim, broj iza slova može označivati i redni broj u pojavljivanju s obzirom da za neki podražaj može biti više valova, pa će N2 označivati drugi val negativnog polariteta. Luck (2014) navodi da se u novije vrijeme više preferira označivanje rednim brojem budući da nemaju sve komponente vrh točno nakon, primjerice, 300 ms, u slučaju P300 komponente. Štoviše, P300, kako on navodi, obično ima vrh između 350 ms i 600 ms. Dakle, u ovom slučaju prednost bi se dala nazivu „P3“. Pritom treba imati na umu da se u slučaju ranijih, senzorički uvjetovanih komponenti, isti naziv može odnositi na komponente dobivene kao odgovor na podražaje iz različitog modaliteta (na primjer, slušni P1 i vidni P1 nemaju međusobne veze). S druge strane, funkcionalno nazivlje obično ima opisni naziv, primjerice negativnost neslaganja (MMN, eng. *mismatch negativity*), lijeva prednja negativnost (LAN, eng. *left anterior negativity*) ili sintaktički pozitivni pomak (SPS, eng. *syntactic positive shift*).

Prva su istraživanja jezika metodom ERP-a provedena kasnih 60-ih i u 70-im godinama 20. stoljeća, a intenzivnije 80-ih godina (Pulvermüller, 2007). U počecima cilj je bio otkriti i opisati što više komponenti, a manje istraživačke pažnje bilo je na objašnjavanju. Također, dugo se govorilo o isključivo „jezičnim“ komponentama, ali kasnija su istraživanja i za razne nejezične podražaje dobila upravo te „jezične“ komponente (Kaan, 2007; Kutas i Federmeier, 2011; Steinhauer i Connolly, 2008).

### 1.1.2. N400

N400 primjer je komponente čije je značenje predmet rasprava. Za nju se smatra(lo) da odražava semantičku obradu, a topografski je najizraženija centroparijetalno (Kutas i Federmeier, 2011). Postoje dvije glavne paradigme kojima se dobiva, jedna je paradigma semantičkog *priminga* (eng. *semantic-priming paradigm*), a druga paradigma semantičke pogreške (eng. *semantic anomaly-paradigm*) (Lau i sur., 2008) te će o njima biti više riječi kasnije kroz prikaz radova.

Prvi su put komponentu opisali Kutas i Hillyard (1980) dobivši je sasvim slučajno (Kutas i Federmeier, 2011) i to s većom amplitudom kada završna riječ u rečenici semantički nije odgovarala, nego kada je bila moguća, ali malo vjerojatna. Od tada je jako puno eksperimenata manipuliralo tom komponentom te se ispostavilo da je N400 jezično amodalan s obzirom da je dobiven i za govorni i za pisani te za znakovni jezik (Kutas i sur., 1987).

Posebno je zanimljivo što je N400 dobiven i za razne nejezične podražaje. Tako su McPherson i Holcomb (1999) ispitanicima prikazivali slike predmeta te s njima radili *priming*. Ono što je na slikama bilo prikazano moglo se ili nije moglo prepoznati i to u tri kombinacije: prepoznatljivo - povezano ali prepoznatljivo, prepoznatljivo - nepovezano ali neprepoznatljivo, prepoznatljivo - nepovezano i neprepoznatljivo. Nepovezane slike izazvale su odgovor nakon 225 do 500 ms i to s većom negativnošću od povezanih slika. Također, distribucija im je topografski bila više frontalno. Autori su zaključili da zapravo postoje dvije komponente: N300 kao više anteriorna i specifična za obradu slika, te N400 kao više centroparijetalna. West i Holcomb (2002) prikazivali su nizove slika koje tvore cjelinu, s tim da se zadnja slika mogla uklapati u priču ili ne, te na kraju potvrdili rezultate o N300 i N400, naglašavajući kako je N300 specifičan za nejezičnu obradu. N400 je dobiven i kada su eksperimentalni podražaji bili video snimke događaja koji završavaju na smislen i nesmislen način, ovisno o uvjetu (Sitnikova i sur., 2003; Sitnikova i sur., 2008). Ono što je zanimljivo u ova dva rada jest da se nakon negativnosti nakon 400 ms, pojavila i kasna posteriorna pozitivnost što autori tumače kao dokaz za dva različita neurokognitivna mehanizma u obradi značenja. Međutim, Willems i sur. (2008) su za neuklapajuće slike i za neuklapajuće rečenice dobili N400 koji je bio sličan u amplitudi i latenciji u ta dva uvjeta, što ih je navelo na zaključak, a dodatno potkrijepljen istim mjestom aktivacije na fMRI-u, da nema razlike u obradi jezičnih i nejezičnih informacija.

U istraživanju točnih i netočnih rješenja jednostavnih aritmetičkih zadataka isto se dobio N400 efekt koji je bio sličan leksičko-semantičkom (Kutas i Federmeier, 2011; Steinhauer i Connolly, 2008). Ova, a i brojna druga istraživanja, sada su promijenila pravac razmišljanja te se smatra da je N400 komponenta elektrofiziološki korelat obrade značenja općenito, a ne isključivo obrade jezika (Kutas i Federmeier, 2011). Luck (2014) navodi postojanje dvaju pogleda na značenje N400. Jedno je da je amplituda te komponente mjerilo

stupnja težine dostupnosti konceptualnog znanja povezanog s riječi, dok je drugo da N400 odražava procese integriranja prizvanog značenja u diskurs.

### 1.1.3. ELAN, LAN i P600

Postoje dvije (ili tri) komponente koje se uobičajeno vežu uz sintaktičku obradu. To su LAN ili lijeva prednja negativnost (eng. *left anterior negativity*) i P600 koji se prije nazivao i SPS (sintaktički pozitivni pomak, eng. *syntactic positive shift*). LAN je rana komponenta koja se javlja između 300 i 500 ms s lijevostranom frontalnom distribucijom, kao što joj i ime kaže, dok je P600 kasna pozitivna komponenta s centroparijetalnom distribucijom, obično u intervalu 500 do 1000 ms. Postoji još i rani LAN, takozvani ELAN (eng. *early left anterior negativity*) koji se javlja u intervalu 100 do 300 ms (Kutas i Federmeier, 2007; Steinhauer i Connolly, 2008).

LAN se većinom veže za brzo uočljive sintaktičke pogreške kao što su pogreške u sročnosti, opterećenje radnog pamćenja (Steinhauer i Connolly, 2008), pogrešno označivanje padeža te infleksije glagola (Kutas i Federmeier, 2007). S druge strane, ELAN je komponenta oko koje postoji dosta prijevora. Smatra se odrazom prve faze sintaktičke obrade, a dobiva se pogreškama u vrsti riječi (Steinhauer i Connolly, 2008). Dobivši ELAN u eksperimentu s njemačkim rečenicama, Friederici i sur. (1996) dali su dokaze u prilog modela „prvo sintaksa“ (eng. *syntax first model*), kao i u kasnijim radovima, primjerice Friederici (2002). Međutim, rezultate nisu potvrdili Hagoort i sur. (2003) u svojem istraživanju obrade nizozemskog jezika. Razlog tomu, pretpostavlja se, jest zbog razlika u jezicima. Naime, rečenice iz Friedericina istraživanja imale su prefigurane glagole, samim time i ranije dostupnije informacije za obradu, dok to u nizozemskom nije bio slučaj. To je potvrdilo stajalište da se obrađuje prvo ono što je dostupno (Steinhauer i Connolly, 2008) te samim time ELAN ovisi o strukturi jezika.

Osim ovih ranih komponenti, postoji i kasnija, P600 za koju se smatra da predstavlja drugu fazu u sintaktičkoj obradi, odnosno da predstavlja reanilizu nakon što osoba primijeti da nešto u rečenici nije dobro (Kutas i Federmeier, 2007). Najčešće se izaziva morfosintaktičkim pogreškama, primjerice pogreškama u sročnosti subjekta i glagola,

pogreškama u infleksiji glagola i fraznim strukturama (Kutas i Federmeier, 2007). Osim (morfo)sintaktički neispravnih rečenica, P600 izazivaju i moduliraju gramatički točne ali teže razumljive rečenice. Primjer takvih istraživanja jesu ona s vijugavim (eng. *garden-path*) rečenicama (Steinhauer i Connolly, 2008) ili umetnutim glagolima (Kaan, 2007). Na P600 mogu utjecati i nesintaktički faktori poput semantičkih informacija i strategija obrade (Steinhauer i Connolly, 2008). Nadalje, opisan je i „semantički P600“ (Kim i Osterhout, 2005) za rečenice koje su sintaktički točne, ali tematske uloge nisu odgovarajuće, dakle cijela rečenica nije semantički moguća no to nije uzrokovalo N400, nego P600 efekt. Upravo analizirajući semantički P600 i lokalizirajući elektrofiziološku aktivaciju, Shen i sur. (2016) su zaključili da P600 nije jednostavno odraz sintaktičke obrade, kako se prije mislilo ili je još uvriježeno, nego da predstavlja općenitije mehanizme uočavanja netočnosti u rečenici i semantičke reinterpretacije.

Kao i kod N400, i ovdje se postavlja pitanje je li i u kojoj mjeri P600 isključivo jezična komponenta. U prilog tvrdnji da je isključivo jezična ne idu istraživanja glazbe (Patel i sur., 1998), istraživanja aritmetičke obrade (Nunez-Pena i Honrubia-Serrano, 2004), ni obrade apstraktnih nizova (Lelekov i sur., 2000) koja su dobila P600 ili komponente nalik na P600.

## 1.2. Znakovni jezici

Znakovni jezici su prirodni jezici, a najčešće ih vežemo uz gluhe osobe.<sup>2</sup> Znakovni se jezici izražavaju i percipiraju u vizuomanualnom modalitetu. Govorne jezike, kao one koji se percipiraju auditivnim modalitetom, možemo opisati kao sekvencijalne jer se jezične informacije nižu jedna za drugom u vremenu, bez mogućnosti istovremenog govora s različitih artikulatora. S druge strane, s obzirom da su znakovni jezici vizualni to im omogućuje simultanost, odnosno moguća je jezična proizvodnja s više različitih artikulatora, manualnih i nemanualnih (gornji dio tijela, glava, lice) (Bradarić-Jončić, 2000).

---

<sup>2</sup> Gluhoslijepe osobe također se koriste znakovnim jezikom, ali modificiranim ovisno o stupnju oštećenja vida, pa ne možemo govoriti o istovjetnim jezicima, imajući na umu važnost vizualnih informacija u gramatici znakovnog jezika gluhih.

Nadalje, znakovni su jezici samostalni te gramatički i leksički neovisni o govornom jeziku države u kojoj se koriste. Međutim, odnos znakovnih i govornih jezika nije uvijek „jedan na jedan“. Primjerice u engleskome govornom području imamo različite znakovne jezike, primjerice u Velikoj Britaniji gluhe osobe koriste britanski znakovni jezik (*British Sign Language*, BSL), u Republici Irskoj irski znakovni jezik (*Irish Sign Language*, ISL), u Sjedinjenim Američkim Državama američki znakovni jezik (*American Sign Language*, ASL), u Australiji australski znakovni jezik (*Australian Sign Language*, Auslan), premda se u okruženju govori engleskim jezikom. Iako neki od njih mogu imati srodnost zbog povijesnih razloga, istraživanjima je utvrđeno da se radi o različitim znakovnim jezicima sa svojom gramatikom i leksikom, pa su objavljeni lingvistički opisi za ASL (npr. Valli i Lucas, 2001), BSL (Sutton-Spence i Woll, 1999), Auslan (Johnston i Schembri, 2007) te ISL (Leeson i Saeed, 2012). S druge strane, jedan znakovni jezik ne mora biti korišten samo u jednoj državi. Primjerice, ASL se koristi i u Kanadi, međutim tamo se ne koristi francuski znakovni jezik (*Langue des signes française*, LSF), nego kvibeški znakovni jezik (*Langue des signes québécoise*, LSQ).

S obzirom da su znakovni jezici *jezici*, opisane su iste jezične sastavnice kao i u govornim jezicima: fonologija, morfologija, sintaksa, semantika, pragmatika (Pfau i sur., 2012), naravno, s određenim razlikama zbog različitog modaliteta. Primjerice, zbog simultanosti vizuomanualnog modaliteta, znakovni jezici su monosilabički polimorfemski, za razliku od govornih jezika (Brentari, 2012). Imajući u vidu dosadašnja istraživanja znakovnih jezika metodom evociranih potencijala, dalje će detaljnije biti opisane fonologija, morfosintaksa (sročnost, klasifikatori) i semantika.

### 1.2.1. Fonologija

Fonologija se tradicionalno definira kao „znanstvena disciplina koja proučava kako jezik iskorištava glasovni materijal radi priopćavanja (komunikacije)“ (Barić i sur., 2005:39), a primarni joj je predmet interesa fonem, jezična jedinica koja nema značenje. Iako sam nema značenje, fonem je bitan za značenje po tome što udruživanjem s drugim fonemima nastaju riječi različita značenja“ (Barić i sur., 2005:39). Glavno je svojstvo fonema da imaju razlikovnu ulogu pa u riječima *pas* i *bas* fonemi /p/ i /b/ nose razlikovno značenje, odnosno



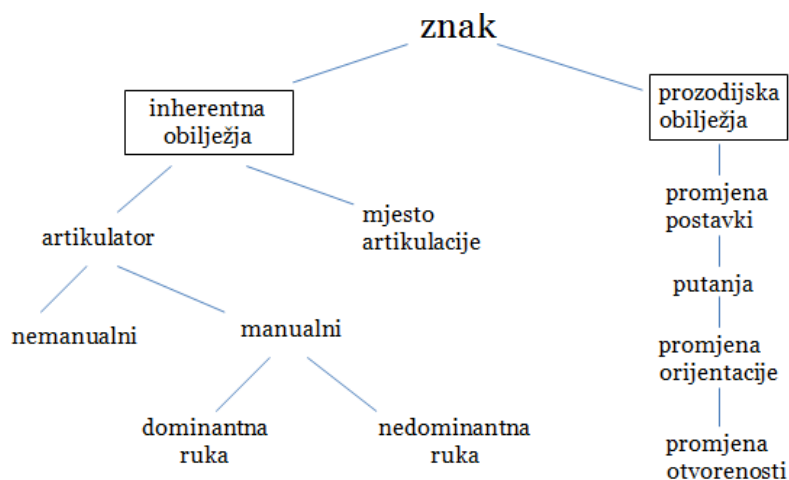
samo se u tim jezičnim odsječcima te dvije riječi razlikuju, i ako se međusobno zamijene, dobiva se nova riječ drugoga značenja. Takvi se parovi riječi nazivaju minimalnim parovima.

Ista je situacija i u znakovnim jezicima. Znak kao temeljna jezična jedinica ima svoje sastavne dijelove koji se nazivaju parametrima i to su oblik šake, lokacija, pokret, orijentacija i nemanualna obilježja, a koji sami po sebi, izolirano, nemaju značenje (Šarac Kuhn i sur., 2006; van der Kooij i Crasborn, 2016). Opis fonoloških parametara za hrvatski znakovni jezik (HZJ) dale su Šarac Kuhn i sur. (2006). Oblik šake se odnosi na šaku kao manualni artikulirator, odnosno kakvi su konfiguracija i položaj prstiju. Lokacija označava mjesto ili mjesta (u slučaju da se znak kreće kroz prostor) na kojima se znak artikulira. Pokret se odnosi na vrstu pokreta koji se javlja kretanjem artikuliratora, primjerice ravni pokret ili promjena u otvorenosti šake. Orijehtacija je smjer u kojem pokazuju prsti ili dlan. Nemanualna obilježja su dio jezičnog sustava znakovnih jezika, a osim distinktivnu, fonološku funkciju, mogu imati i, primjerice, sintaktičku u oblikovanju pitanja ili pogodbenih rečenica. Nemanualna obilježja su oblik usta, smjer pogleda, položaj obrva, treptaji, pokreti glave, kimanje ili trešnja glavom, rotacije gornjeg dijela tijela lijevo-desno te naginjanje gornjeg dijela tijela. Svaki od navedenih parametara može biti distinktivan u određenom paru znakova, a ako se dva znaka razlikuju u samo jednom parametru, njih ćemo nazivati minimalnim parom.

U lingvistici znakovnih jezika postoji nekoliko modela fonološke strukture, primjerice model Hold-Movement, model Hand-Tier i Prozodijski model (eng. *Prosodic model*) (Brentari, 2012). Najcjelovitijim se smatra Prozodijski model strukture znaka (Brentari, 1998; prema Šarac Kuhn i sur., 2006), temeljen na fonološkoj strukturi ASL-a, ali je primjenjiv i na ostale znakovne jezike te će se ukratko opisati kako bi se prikazala sustavnost u fonološkoj strukturi.

U Prozodijskome modelu strukture znaka razlikuju se dva temeljna dijela ili čvora (slika 1): inherentna obilježja i prozodijska obilježja. Inherentna obilježja su, kao što im i ime sugerira, ona koja su stalna, koja se ne mijenjaju unutar jednoga znaka i dozvoljena je samo jedna specifikacija po znaku. Inherentna obilježja dalje se dijele na artikulatore i mjesto artikulacije. Pritome artikulirator može biti manualni, s dominantnom (H1) ili i nedominantnom (H2) rukom, i nemanualni. Prozodijskih obilježja može biti i više od jednoga po znaku i oni se odvijaju sekvencijalno, za razliku od inherentnih obilježja koja su simultana (Brentari, 1998;

prema Šarac Kuhn i sur., 2006). Prozodijska obilježja čine promjena postavki, putanja, promjena orijentacije i promjena otvorenosti šake.



Slika 1. Prozodijski model fonološke strukture znaka (prilagođeno prema Brentari, 1998:26).

Promjena postavki odnosi se, ugrubo rečeno, na kretnju znaka kroz prostor. Primjerice, znak se može kretati odozgora prema dolje ili od kontralateralno prema ipsilateralnome. Putanja opisuje kakav je pokret samog znaka. Promjena orijentacije odnosi se, primjerice, na rotaciju šake, ekstenziju ili fleksiju, a promjena otvorenosti na otvorenu ili zatvorenu šaku.

### 1.2.2. Morfosintaksa

Morfosintaksu možemo opisati kao područje između morfologije i sintakse, odnosno područje koje istražuje kako su riječi gramatički označene i povezane u veće cjeline. Čest predmet interesa u morfosintaksi jest sročnost, odnosno proces u kojem se jedna riječ u rečenici mijenja ovisno o drugim riječima u rečenici (Fromkin i sur., 2011). Te su promjene često pod utjecajem padeža, roda ili broja. Primjer sročnosti u hrvatskome jeziku imamo u slaganju subjekta s predikatom u licu, rodu i broju (Barić i sur., 2005), dok se u engleskome jeziku, primjerice, očituje kao dodavanje sufiksa *-s* na glagol ako je subjekt u trećem licu jednine.

Osim u govornim jezicima, sročnost postoji i u znakovnim jezicima. Međutim, samo dio glagola u znakovnim jezicima može biti sročan. U lingvistici znakovnih jezika česta je takozvana trodijelna podjela glagola na jednostavne glagole, glagole sročnosti i glagole prostora (Mathur i Rathman, 2012; Milković i sur., 2006). Jednostavni glagoli su oni kod kojih nema infleksije za lice ni broj premda je moguća infleksija za aspekt, a obično se znakuju u neutralnom prostoru ispred ili na znakovatelju. Primjer (1) rečenica je iz HZJ-a i sadrži jednostavni glagol VOLJETI (slika 2).

(1) M-A-R-K-O VOLJETI A-N-A

*Marko voli Anu.*



Slika 2. Rečenica u HZJ-u s jednostavnim glagolom VOLJETI (Milković i sur., 2006:181).

Glagoli sročnosti su oni kod kojih se javljaju promjene pri infleksiji glagola za lice i broj sa subjektom i/ili objektom. Kod ove vrste glagola znak počinje od subjekta i završava na mjestu u prostoru, takozvanom lokusu, na kojem je objekt. Primjer (2) je rečenica iz HZJ-a koja sadrži glagol sročnosti. Red riječi u (2) je subjekt-glagol/predikat-objekt, odnosno SPO, a glagol je sročan s objektom s obzirom da glagol PITATI počinje od znakovatelja a završava na lokusu gdje je kasnije znakovana DJEVOJČICA (slika 3).

(2) MAMA PITATI<sub>3b</sub> DJEVOJČICA<sub>3b</sub>

*Mama pita djevojčicu.*



Slika 3. Rečenica u HZJ-u sa sročnim glagolom PITATI (Milković i sur., 2006:181).

Moguće je i da prvo referenti (subjekt i/ili objekt) budu pridruženi lokusima znakom INDEX, primjerice INDEX<sub>3a</sub> za lokus lijevo ili INDEX<sub>3b</sub> za lokus desno, a onda da je glagol znakovan od jednog lokusa prema drugome. U tom slučaju rečenice imaju SOP ili OSP red riječi.

Treća vrsta glagola u znakovnim jezicima jesu glagoli prostora koji nemaju infleksiju za lice i broj, ali daju informaciju o prostoru o kojem se znakuje. Primjer (3) je rečenica iz HZJ-a koja sadrži glagol prostora (slika 4).

(3) ČOVJEK DRVO PENJATI-SE

*Čovjek se penje na drvo.*



Slika 4. Rečenica u HZJ-u s glagolom prostora PENJATI-SE (Milković i sur., 2006:183)

Osim „klasičnih“ glagola sročnosti, kada pokret kreće od subjekta prema objektu, postoje i glagoli koji se znakuju od objekta prema subjektu i nazivaju se glagolima obrnute sročnosti (eng. *backward verbs*) (Pfau, 2016). Nadalje, u istraživanjima sročnosti, opisan je pomoćni znak sročnosti (eng. *agreement auxiliary*) koji se koristi u rečenicama s jednostavnim glagolima i predikatnim pridjevima, a javlja se u manjem broju znakovnih jezika, primjerice u njemačkom znakovnom jeziku (DGS), tajvanskom znakovnom jeziku

(TSL), indopakistanskom znakovnom jeziku (IPSL), grčkom znakovnom jeziku (Pfau, 2016) te austrijskom znakovnom jeziku (ÖGS; Krebs, 2013).

Sročnost u znakovnim jezicima pokazuje obilježja jezičnih univerzalija, što su istraživanja brojnih znakovnih jezika i potvrdila (Mathur i Rathman, 2012). Međutim, Pfau (2016) navodi i dva znakovna jezika koja nemaju infleksiju glagola koja se ostvaruje promjenama pokreta u prostoru znakovanja. To su dva ruralna znakovna jezika (eng. *village sign language*) korištena u izoliranim mjestima s velikom prevalencijom kongenitalne gluhoće, Al-Sayyid Beduinski znakovni jezik i Kata Kolok znakovni jezik. S obzirom da se radi o relativno mladim znakovnim jezicima, moguće je očekivati da će se pojaviti i infleksija izražena u prostoru znakovanja jer je opisana, primjerice, u nikaragvanskom znakovnom jeziku (Senghas i Coppola, 2001), čiji je razvoj detaljno praćen otkako je osnovana prva škola za gluhe učenike 1970-ih godina.

Važno je još napomenuti da glagoli sročnosti svoju sročnost, osim pokretom, odnosno manualno, ostvaruju i nemanualno i to smjerom pogleda te naginjanjem glave prema referentu (Sandler i Lillo-Martin, 2005). Primjerice, ako je lokus referenta, odnosno objekt, smješten desno, i smjer pogleda će biti udesno.

Iako je fenomen sročnosti opisan u skoro svim istraživanim znakovnim jezicima, kako je ranije i navedeno, ipak postoje teorijska nesuglasja oko toga je li to uopće *sročnost*? Lillo-Martin i Meier (2011) detaljno su razložili zašto ovaj jezični fenomen nije sročnost kao takva. Umjesto naziva „sročnost“ zagovaraju naziv „direkcionalnost“ koji je neutralniji, s obzirom da smjer kretanja glagola upućuje na njegove argumente. Međutim, ne negiraju činjenicu da znakovni jezici označavaju lice (i ponekad broj). Nadalje, ističe se problem nedefiniranog broja mogućih lokusa za referente (eng. *listability problem*) koji nisu prvo lice, te ih se kao takve ne može ni pobrojati i opisati niti mogu biti dio mentalnog leksikona, pa ih se smatra više gestovnim elementom nego jezičnim ili gramatičkim. S ovim se gledištem ne slaže Wilbur (2013). Smatra kako je problem nedefiniranog broja lokusa samo teoretski i neosnovan jer osim što u prosječnoj konverzaciji broj referenata nije veći od četiri, postoji i veliki broj drugih jezičnih fenomena koji se ne mogu popisati (primjerice, boje i brojevi) pa se na njih ne gleda kao na nejezične. Wilbur (2013) podržava razlikovanje samog znaka pokazivanja (eng. *pointing sign*) od mjesta ili lokusa na koji pokazuje. Taj se lokus naziva R-lokus odnosno referentni lokus. Ako se takva podjela prihvati, tada problem nedefiniranog

broja lokusa kao argument nejezičnosti znaka pokazivanja više ne stoji jer je znak kao takav uvijek isti i dio je jezičnog sustava, dok R-lokusi nisu. Također, ističe kako samo referenti koji su uvedeni u kontekst imaju smisla jer će se pokazivanje, tj. znak INDEX, na njih odnositi, a ne na neki beskonačan broj lokusa koji su teoretski preblizu da bi ih bilo moguće razlikovati. Važno je razlikovati da je referent 1, primjerice, smješten lijevo, a referent 2 desno, i samim time neće biti zabune kada se pokaže bilo gdje ulijevo da se radi o referentu 1, odnosno 2 udesno. Nadalje, Wilbur (2013) u obranu pokazivanja u znakovnim jezicima navodi kako nije logično da se radi o gesti, a ne o pravom znaku, jer se kod usvajanja znakovnog jezika u gluhe djece uočavaju faze i postupnost ovladavanja pokazivanjem za različite gramatičke funkcije, a osim toga, znakovni jezici mogu koristiti fizikalna obilježja osoba i stvari iz svijeta, ali to ne znači da se radi o gestama jer ta obilježja znakovni jezici podvrgavaju morfološkim, semantičkim i sintaktičkim pravilima.

Dio morfosintakse znakovnih jezika su i klasifikatori. To su složene konstrukcije kojima se izražava kretanje, pozicija, oblik i veličina predmeta te rukovanje predmetom (Emmorey, 2002). Klasifikatori postoje i u govornim jezicima, većinom dalekoistočnima, a zajedničko klasifikatorima u govornim i znakovnim jezicima jest da označuju pripadnost određenoj semantičkoj klasi (Emmorey, 2002). Opisani su u gotovo svim znakovnim jezicima koji su istraživani (Zwitserslood, 2012), među njima i u HZJ-u (Ujević, 2011). Postoji više podjela klasifikatora, a jedna od najčešćih je Supallina (1982, 1986, prema Zwitserslood, 2012) na semantičke klasifikatore, klasifikatore koji označavaju veličinu i oblik, instrumentalne klasifikatore, klasifikatore koji označavaju dio tijela te klasifikatore tijela. Semantički klasifikatori su oni kod kojih se jedan znak zamjenjuje znakom koji je semantički nadređen (primjerice klasifikatori za životinje ili vozila); klasifikatori koji označavaju veličinu i oblik oblikom šake i pokretom označavaju fizička obilježja entiteta; instrumentalni klasifikatori mogu biti oni kod kojih oblik šake/ruke predstavlja kako se taj objekt drži ili kako se njime manipulira te oni kod kojih sama šaka predstavlja sredstvo kojim se manipulira; klasifikatori kojima se označava dio tijela koriste oblik šake ili drugi dio tijela za označavanje dijela drugog živog bića; klasifikatori tijela su oni kod kojih tijelo osobe koja znakuje predstavlja živo biće.

### 1.2.3. Semantika

Semantika je lingvistička disciplina koja proučava značenje na mnogim jezičnim razinama kao što su morfemi, riječi, sintagme i rečenice pa tako možemo razlikovati leksičku semantiku ili semantiku riječi, semantiku sintagmi i semantiku rečenice (Fromkin i sur., 2011; Škiljan, 1980). Mnogo je područja koje semantika istražuje, ali ovdje zbog samog cilja rada i ograničenja nije namjera dati cjeloviti pregled područja nego uvesti pojmove koje je važno razumjeti za sljedeća poglavlja. Naglasak će biti na leksičkoj semantici te ikoničnosti u znakovnim jezicima.

Leksička semantika dio je lingvistike koji se bavi značenjem riječi u govornom jeziku, te znakova u znakovnom jeziku. Premda ne postoji slaganje oko određivanja *riječi* i *znaka*, ugrubo možemo reći da pojam znaka odgovara riječi ili leksemu, međutim, nije svaki znak istovjetan riječi. To se prvenstveno odnosi na predikatne konstrukcije s klasifikatorima (Grose, 2012). Radi jasnoće, dalje će se u tekstu pojam “riječ” odnositi na jednicu govornog jezika, a “znak” na jednicu znakovnog jezika.

U leksičko-semantičkoj analizi, između ostaloga, opisuju se semantički odnosi. Leksemi mogu biti sličnoga značenja, odnosno biti u odnosu sinonimije. O sinonimima ne možemo govoriti kao o leksemima istoga značenja jer leksemi imaju različiti registar, stil, kulturološka te društvena značenja (Grose, 2012). Primjer sinonima u HZJ-u su parovi znakova KARLOVAC i KARLOVAC koji se bilježe isto, ali se radi o fonološki dvama različitim znakovima koji označavaju grad Karlovac. Leksemi koji su različitoga značenja, antonimi, povezanog su značenja, ali suprotnoga. Primjerice, znakovi BRZO i SPORO su povezani jer označavaju brzinu nečega, ali suprotni jer označavaju dvije krajnosti. Prema Fromkin i sur. (2011) možemo razlikovati tri vrste antonima: komplementarne parove (npr. ŽIV/MRTAV), parove koji se mogu komparirati (MLAD/STAR - pri čemu će obično jedan dio para biti obilježen, odnosno neobilježen, primjerice ako bismo za osobu rekli da je dvadeset i šest godina mlada to bi bilo obilježeno; dakle, u paru mlad/star za iskazivanje kronološke dobi neobilježen i uobičajen je pridjev *star*), te parove koji su u odnosnoj suprotnosti (npr. UČITELJ/UČENIK).

Leksičke jedinice mogu zvučati isto, ali nositi različita značenja pa govorimo o homonimima (ili se isto pisati pa govorimo o homografima). No, homonimi postoje i u

znakovnim jezicima, dakle postoje parovi znakova koji su fonološki jednaki, ali imaju različita značenja. U HZJ-u primjer homonima jesu znakovi PROBLEM, TEHNIKA i NAČIN. Značenja mogu biti i u odnosu kad je jedan pojam nadređen drugome, primjerice znak ŽIVOTINJA je nadređen znakovima SLON, MAČKA, ŽIRAFI, pa govorimo o hiperonimiji, gdje je ŽIVOTINJA nadređena kategorija ili hiperonim, a svaka pojedina životinja je hiponim. Također, moguće je i da jedna riječ ima više značenja koja su u određenoj mjeri povezana, a to se naziva polisemijom.

Svaki se leksem sastoji od forme i sadržaja. U govornom jeziku odnos forme i sadržaja uglavnom je arbitrar. To znači da niz fonema pridruženih nekom sadržaju nema poveznice sa samim sadržajem. Sa znakovnim jezikom situacija je drugačija te češće nailazimo na poveznicu forme i sadržaja ili tzv. ikoničnost, u usporedbi s govornim jezicima. Ta činjenica ne iznenađuje jer je lakše obilježja nekog predmeta izraziti u vizualno-manualnom modalitetu nego u auditivno-vokalnom (Schermer i Pfau, 2016). U lingvistici znakovnih jezika od samih je njenih početaka ikoničnost pobuđivala veliki interes. Najviše je korištena kao argument onima koji su osporavali znakovnim jezicima njihov status *jezika*, izjednačavajući ikonične znakove s pantomimom i gestama. Međutim, već su rana istraživanja odbacila takve argumente kao neutemeljene (Klima i Bellugi, 1979).

Važno je reći da nije svaki ikonični znak ujedno i razumljiv osobi koja ne zna dotični znakovni jezik. Razliku u razumljivosti čini transparentnost, odnosno mogućnost osobe da pogodi značenje znaka samo na temelju njegove sličnosti sa stvarnim obilježjima onoga na što se odnosi (Schermer i Pfau, 2016). Prema tome, ikonične znakove možemo podijeliti na transparentne i netransparentne, gdje će potonji biti oni koji imaju određenu povezanost forme i sadržaja, ali ona nije odmah jasna.



## 2. PROBLEMSKA PITANJA

Važan doprinos razumijevanju znakovnih jezika dala su neurolingvistička istraživanja. Prvenstveno su ona bila usmjerena na afazije u gluhih osoba kojima je određeni nacionalni znakovni jezik materinski, odnosno J1, kao što je i inače početak neurolingvistike bio dominantno afaziološki usmjeren. Tako je, primjerice, utvrđeno da lezije lijeve hemisfere mogu uzrokovati receptivnu ili ekspresivnu afaziju, što je najdetaljnije istraženo u SAD-u s gluhim osobama, kojima je ASL bio materinski i prvi jezik (Hickok i sur., 1996; Hickock i sur., 2002). Osim afaziološkog pristupa, brojna su istraživanja koristila metode oslikavanja mozga: fMRI, PET i MEG, u novije vrijeme i transkranijску magnetsku stimulaciju (TMS).

Ovaj diplomski rad za cilj ima opisati jednu od metoda istraživanja u neurolingvistici, evocirane potencijale (ERP), u kontekstu istraživanja znakovnih jezika. Ova je metoda odabrana zbog njezine izvrsne vremenske rezolucije i praćenja obrade tijekom vremena, kao i mogućnosti istraživanja jezika bez „svjesnog“ sudjelovanja ispitanika. Koliko je autoru poznato, u svijetu trenutno ne postoji pregled elektrofizioloških istraživanja znakovnih jezika, što je još jedna motivacija za proučavanje teme. U skladu s tim ciljem, postavljaju se dva problemska pitanja:

- 1) Što nam ERP govori o jezičnome statusu znakovnih jezika kao pravih prirodnih jezika, s naglaskom na istraživanja pojedinih jezičnih sastavnica?
- 2) Postoje li specifičnosti u obradi znakovnih jezika s obzirom na modalitet, i ako da, kakve su?

### 3. PREGLED DOSADAŠNJIH SPOZNAJA

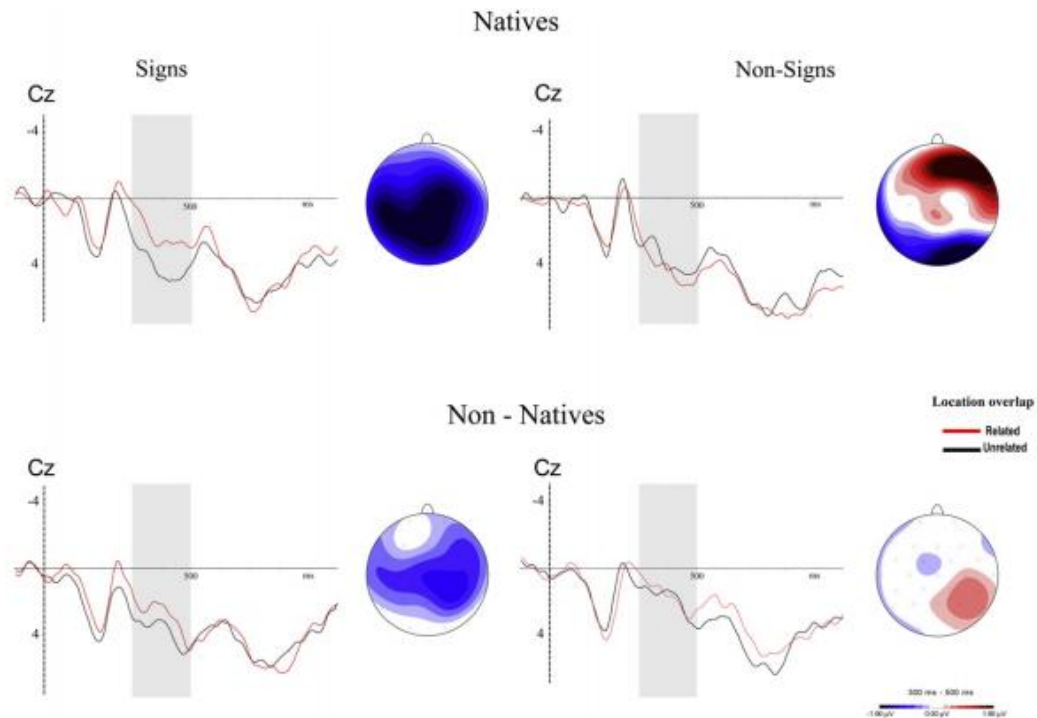
Elektrofizioloških istraživanja znakovnih jezika, odnosno istraživanja metodom evociranih potencijala, u svijetu je relativno malo. O razlozima takve podzastupljenosti možemo samo pretpostavljati. Može se raditi o složenosti takvih istraživanja jer se i najmanje promjene u podražijima (stimulusima) kao i okolini moraju kontrolirati, zatim samim problemom interpretacije dobivenih rezultata, o čemu je više riječi bilo u uvodnom dijelu. Također treba imati na umu općenito manji broj istraživača koji poznaju i bave se znakovnim jezicima. Prvo objavljeno istraživanje koje je obuhvaćalo i neki znakovni jezik, točnije ASL, provedeno je dvadesetak godina nakon prvih elektrofizioloških istraživanja govornih jezika, tek 1987. godine, a značajniji interes istraživača javlja se tek početkom trećeg tisućljeća.

U ovom radu istraživanja se neće opisivati kronološkim redom jer nisu svi istraživači imali iste istraživačke interese, nego će biti grupirana po jezičnim sastavnicama na kojima je naglasak jer se otprilike oko njih grupiraju i problemi i ciljevi istraživanja. Ponegdje će biti potrebna odstupanja od ovog pravila, ponajviše oko fonologije, jer su se većinom ta istraživanja temeljila na zadacima leksičke odluke, a ta su istraživanja u ovom radu svrstana pod semantiku. Dodatan razlog da istraživanja s naglaskom na fonologiju ali zadacima leksičke odluke svrstamo pod semantiku je i to da se doticalo i same semantike. Dakle, istraživanja će biti grupirana u tri poglavlja: fonologija, morfosintaksa (koja će uključiti i rad o sintaksi) i semantika.

#### 3.1. Fonološka obrada

Kao što je u uvodnom dijelu o fonologiji objašnjeno, znakovi u znakovnim jezicima i riječi u govornim jezicima sastoje se od manjih jedinica bez značenja, a koje nose razlikovnu ulogu, te kao takve imaju strukturu na razini fonologije. Najčešće razlikujemo tri mjere za koje se smatra da odražavaju fonološku obradu, a to su fonološka svjesnost, fonološko imenovanje i fonološko pamćenje (Ivšac Pavliša i Lenček, 2011). Fonološka svjesnost sastoji se od rime, baratanja slogovima te fonemske svjesnosti.

Neurolingvistička istraživanja fonološke obrade u znakovnim jezicima su malobrojna, u usporedbi s ostalim jezičnim sastavnicama, a posebno su malobrojna elektrofiziološka istraživanja, odnosno istraživanja metodom evociranih potencijala. Prvim takvim istraživanjem smatra se istraživanje od Gutierrez i sur. (2012a). Cilj je ovog istraživanja bio utvrditi elektrofiziološke korelate fonološke obrade u španjolskom znakovnom jeziku (šp. *Lengua de Signos Espanola*, LSE). Ispitano je 20 osoba, od čega 10 izvornih gluhih znakovatelja i 10 gluhih osoba kojima LSE nije materinski jezik, ali su fluentne. Korišten je *priming*, što znači da su prikazivana dva znaka, od čega je prvi *prime* ili pripremni znak, a drugi je ciljni znak. U ovo su istraživanje uključena dva fonološka parametra: lokacija i oblik šake. Parovi znakova koji su prikazivani ispitanicima mogli su se preklapati ili u lokaciji ili u obliku šake ili ni u kojem od parametara, odnosno ciljni znak je mogao imati istu lokaciju kao i *prime* znak, isti oblik šake kao i *prime* znak ili se nisu morali poklapati te je znak mogao biti u potpunosti fonološki nepovezan. Rezultati su pokazali da ova dva fonološka parametra moduliraju N400. U dijelu eksperimenta koji se odnosio na lokaciju, za preklapanje parametra *prime* i ciljnog znaka u izvornih znakovatelja pokazala se veća amplituda N400 efekta za znakove 300 do 500 ms nakon podražaja (slika 5 gornji red, u usporedbi s donjim redom koji prikazuje rezultate za ispitanike koji su kasnije usvojili LSE) što autori tumače kompeticijom.

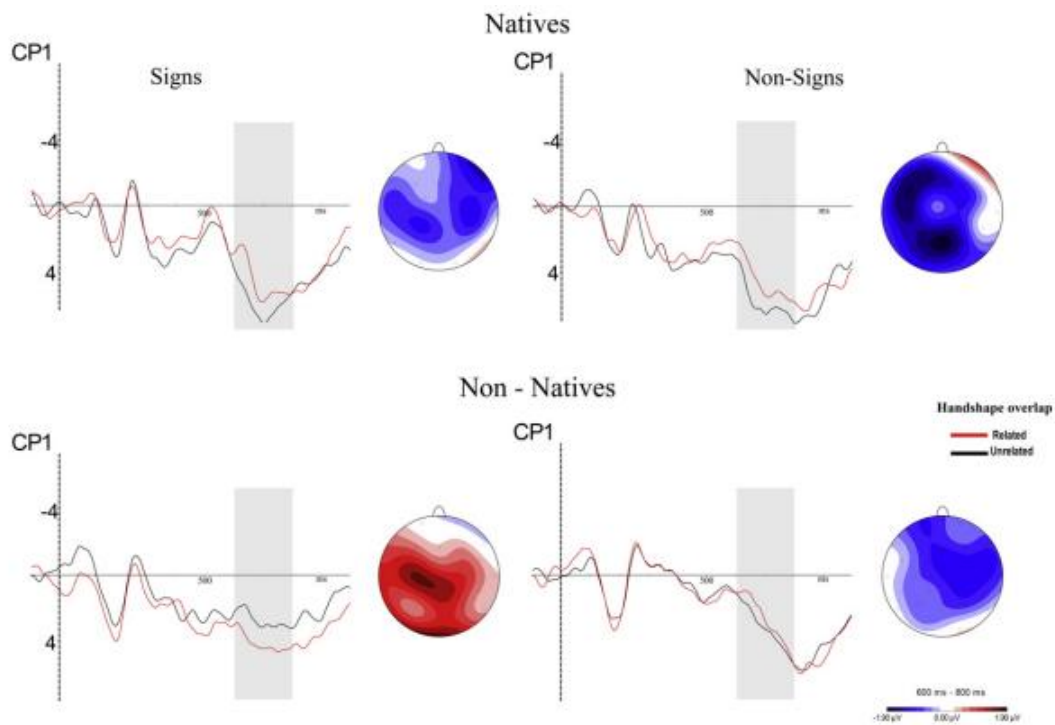


Slika 5. Uprosječeni rezultati na Cz elektrodi s topografskim prikazom za lokaciju. Crvena linija označava povezane parametre, a crna nepovezane. Na topografskoj mapi plava boja označava negativnije amplitude, a crvena pozitivnije. Za detalje vidjeti tekst (Gutierrez i sur., 2012a:1341).

Točnije, *prime* i ciljni znak su imali isti parametar što je dovelo do šire aktivacije u mentalnom leksikonu te je trebalo inhibirati i deaktivirati *prime* znak kako bi se smanjila razina aktivacije drugih znakova koji dijele istu lokaciju te kako bi se mogla donijeti odluka o ciljnom znaku. Sve to zahtijeva kognitivne resurse što je rezultiralo povećanom amplitudom. Dobivena kompeticija u aktivaciji fonološki sličnih riječi jedno je od obilježja i mentalnog leksikon u istraživanjima govornog jezika (Mildner, 2003), što upućuje na činjenicu da je mentalni leksikon amodalno organiziran, barem u ovim osnovnim fonološkim značajakama. No, dobiveni N400 razlikuje se od klasičnog po atipičnoj topografiji, što može navoditi na zaključak da se ne radi o potpuno identičnoj obradi. Jednako tako, nije dobivena razlika između obrade lokacije kada je ciljni znak bio pseudoznak, koji kao takav nije u mentalnom leksikonu, te nije bila potrebna inhibicija *prime* znaka kako bi se donijela odluka je li prethodni parametar sličan ciljnom jer za pseudoznak niti nema unosa, odnosno specifikacija. Također, jasno je pokazano da se lokacija obrađuje prva. Uzimajući u obzir i druge argumente poput činjenice da djeca koja usvajaju neki znakovni jezik točnije znakuju lokaciju nego oblik šake ili činjenice da je lokacija najmanje zahvaćena parafazijama nakon lezija mozga, autori

zaključuju da je lokacija dominantan parametar u znakovnim jezicima te ju se uspoređuje s odstupom sloga (eng. *onset*) u govornim jezicima.

Za obradu oblika šake utvrđeno je da se obrađuje kasnije, u vremenu od 600 do 800 ms (slika 6), što, prema autorima, ide u prilog tomu da je oblik šake ekvivalent rime sloga (eng. *rhyme/rime*) koja se i u govornim jezicima obrađuje kasnije.



Slika 6. Uprosječeni rezultati na CP1 elektrodi s topografskim prikazom za oblik šake. Crvena linija označava povezane parametre, a crna nepovezane. Na topografskoj mapi plava boja označava negativnije amplitude, a crvena pozitivnije (Gutierrez i sur., 2012a:1342).

U ovom je istraživanju zanimljivo, iako donekle i očekivano, da je dob usvajanja LSE-a modulirala jezičnu obradu. Drugim riječima, gluhi ispitanici kojima je LSE materinski jezik imali su bržu i točniju obradu, za razliku od onih koji su LSE usvojili kasnije (u dobi od 14 do 19 godina) i koji su imali također točnu obradu, ali sporiju.

Jedna od mjera fonološke obrade, točnije fonološke svjesnosti jest rima. Poznato je da i u znakovnim jezicima postoji rima, a ona se, primjerice, u vizualnoj poeziji ostvaruje ponavljanjem oblika šake, lokacije, pokreta ili čak nemanualnih obilježja (Valli i Lucas, 2001). Zato su Colin i sur. (2013) u svojem istraživanju htjeli ispitati elektrofiziološke sličnosti i razlike u fonološkoj obradi govornih i znakovnih jezika, i to rimom u govornom

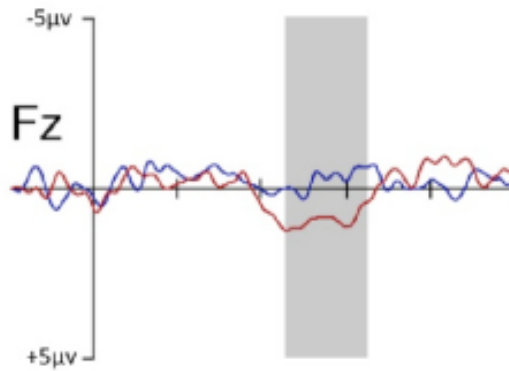
jeziku i lokacijom u znakovnom jeziku. Ispitano je 10 prelingvalno gluhih osoba, koje se za komunikaciju koriste belgijskim francuskim znakovnim jezikom (eng. *Belgian French Sign Language*, BFSL) i 10 čujućih osoba koje ne znaju BFSL. Koristila se ista paradigma kao i u prethodno opisanom istraživanju, dakle *prime*-ciljni znak. Postojale su dvije skupine podražaja. Jedna skupina su bile slike čiji su se nazivi na francuskome mogli ili nisu morali rimovati, a druga skupina su bile slike znakova čija se lokacija mogla ili nije morala podudarati. Dobivene su dvije komponente koje autori smatraju korelatom dviju faza fonološke obrade: CNV (eng. *contingent negative variation*; komponenta za koju se smatra da odražava ispitanikovu pripremu za nadolazeći podražaj) i N400. U dijelu istraživanja koji se odnosio na rime u francuskom jeziku, prikazivanje prvog podražaja (*prime*) dovelo je do CNV-a koji je bio veći lijevo frontalno što su autori protumačili kao preferenciju lijeve hemisfere za fonološku obradu, iako se ovo stajalište mora uzeti s oprezom, imajući u vidu prostornu rezoluciju ERP-a. CNV se pojavio i kod gluhih ispitanika što pokazuje da su i čujuć i gluhi sposobni obrađivati fonologiju govornog jezika, iako su gluhi u tome manje precizni. S druge strane, N400 se javio samo kod čujućih ispitanika što implicira da gluhi imaju teškoće u povezivanju riječi na temelju rime. Međutim, u drugom dijelu istraživanja koje se odnosilo na obradu lokacije u BFSL, zabilježena je dominantna aktivnost u lijevoj hemisferi frontalno i to samo za skupinu gluhih ispitanika, što se tumači pretpostavkom da su samo gluhi na temelju *prime* znakova radili fonološku analizu, odnosno kodiranje, što je i logično jer čujuć nisu poznavali jezik pa nisu ni mogli pristupiti fonološkoj strukturi. Nadalje, ispostavilo se da CNV za lokaciju i CNV za rime imaju istu latenciju i konfiguraciju što ide u prilog tezi da su slični neuralni krugovi uključeni u fonološku obradu, tj. kodiranje u govornom i znakovnom jeziku. Međutim, kao protuargument tome da su obrada rime u govornom jeziku i lokacije u znakovnom jeziku dva potpuno analogna procesa jest izostanak N400 komponente kod gluhih ispitanika za parove s različitom lokacijom u *prime* znaku i ciljnom znaku. Autori pretpostavljaju da je obrada lokacije složenija te da zahtijeva alokaciju kognitivnih resursa pa ni N400 kao relativno automatska komponenta nije mogao biti dobiven. U prilog toj tezi ide i istraživanje od Gutierrez i sur. (2012a) koje je isto izdvojilo lokaciju kao dominantan fonološki parametar.

Što se tiče jezične organizacije unimodalno (čujućih) dvojezičnih osoba, zna se da aktivacija jednog jezika dovodi i do koaktivacije drugoga (Meade i sur., 2017). No postavlja se pitanje kakva je organizacija kod bimodalno dvojezičnih osoba, odnosno onih čija

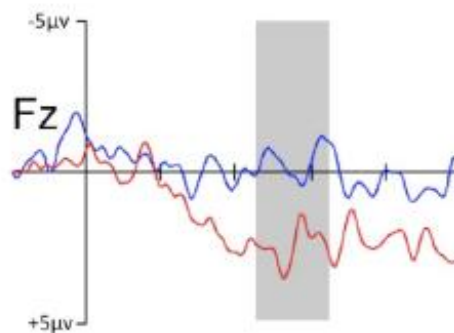
dvojezičnost obuhvaća barem jedan govorni i barem jedan znakovni jezik, dakle jezike u dva različita modaliteta. Takve osobe su čujuća djeca gluhih roditelja, kao i oni gluhi kojima je materinski i prvi jezik neki znakovni jezik, a dobro vladaju govornim jezikom kao drugim jezikom. Ovo je istraživačko područje opsegom preširoko te nadilazi temu i prostor ovog diplomskog rada pa će dalje fokus biti samo na elektrofiziološkim istraživanjima i to onima koja su obuhvaćala obradu znakovnog jezika, isključujući one koji su imali bimodalne dvojezične gluhe ispitanike, a gdje je predmet istraživanja bila obrada govornog jezika. U vezi potonjeg treba istaknuti kako je utvrđeno i bihevioralno (Morford i sur., 2011) i elektrofiziološki (Meade i sur., 2017) da se kod bimodalno dvojezičnih gluhih osoba tijekom čitanja riječi na engleskom jeziku javlja i aktivacija prijevoda na ASL-u.

Prvo je elektrofiziološko istraživanje jezične obrade znakovnog jezika kod bimodalno dvojezičnih gluhih osoba provela Hosemann (2015). U dijelu svoje doktorske disertacije istražila je da li i kako znakovi iz njemačkog znakovnog jezika (DGS), kao prvog jezika, koaktiviraju ortografske, tj. fonološke oblike u njemačkom jeziku kao drugom jeziku, odnosno događa li se koaktivacija drugog jezika tijekom obrade prvoga, na razini rečenice, a ne izolirano na razini riječi kao u dosadašnjim istraživanjima. Ispitano je 15 kongenitalno gluhih bimodalno dvojezičnih osoba kojima je prvi jezik DGS, a drugi njemački. Upotrijebljena je *priming* paradigma u dva uvjeta. Prvi je uvjet bio *priming* unutar jednoga jezika, odnosno otvoreni fonološki *priming* (eng. *overt phonological priming*) gdje su *prime* i ciljni znak bili na DGS-u i razlikovali su se samo u jednom parametru što znači da su činili minimalne parove. Drugi je uvjet bio međujezični *priming*, odnosno prikriveni fonološki *priming* (eng. *covert phonological priming*), dakle između DGS-a i njemačkog jezika. Točnije, i *prime* i ciljni znak bili su na DGS-u, ali bez očite i otvorene fonološke veze. Međutim, njemački prijevodi tih znakova su se preklapali u fonologiji i u ortografiji te činili minimalne parove (primjerice, *Hund - Mund*, pas-usta).

Rezultati (slika 7 prvi uvjet; slika 8 drugi uvjet; sivo polje označava vremenski okvir statistički značajnih vrijednosti) su pokazali statistički značajno manje negativne amplitude u oba uvjeta, odnosno postojanje *priming* efekta, što znači da postoji koaktivacija tijekom obrade minimalnih parova u DGS-u (prvi uvjet), kao i tijekom implicitne međujezične obrade fonoloških/ortografskih minimalnih parova u njemačkom jeziku.



Slika 7. Uprosječeni rezultati na elektrodi Fz za prvi uvjet - priming minimalnih parova u DGS-u. Plava linija označava znakove koji nisu imali *prime*, a crvena one koji jesu. Za detalje vidjeti tekst (Hosemann, 2015:67).



Slika 8. Uprosječeni rezultati na elektrodi Fz za drugi uvjet - međujezični *priming*. Plava linija označava znakove koji nisu imali *prime*, a crvena one koji jesu. Za detalje vidjeti tekst (Hosemann, 2015:67).

Ono što je posebno zanimljivo jest *priming* efekt u drugom uvjetu gdje je očito došlo do predaktivacije ciljnog znaka pod utjecajem *prime* znaka, iako se radi o fonološkim sustavima različita modaliteta. Hosemann (2015) navodi nekoliko mogućih razloga. Jedan od njih je da su znakovi DGS-a aktivirali fonološke i leksičke reprezentacije znaka, a oni preko zajedničkog semantičkog čvora fonološke/ortografske reprezentacije riječi njemačkog jezika. Drugo objašnjenje je pretpostavka da znak i riječ nemaju semantički čvor nego su u izravnoj vezi na leksičkoj razini. Treće moguće objašnjenje je da je izgovaranje (bilo djelomično ili potpuno, odnosno dijela riječi, primjerice prvog sloga, ili cijele riječi; eng. *mouthing*) koje



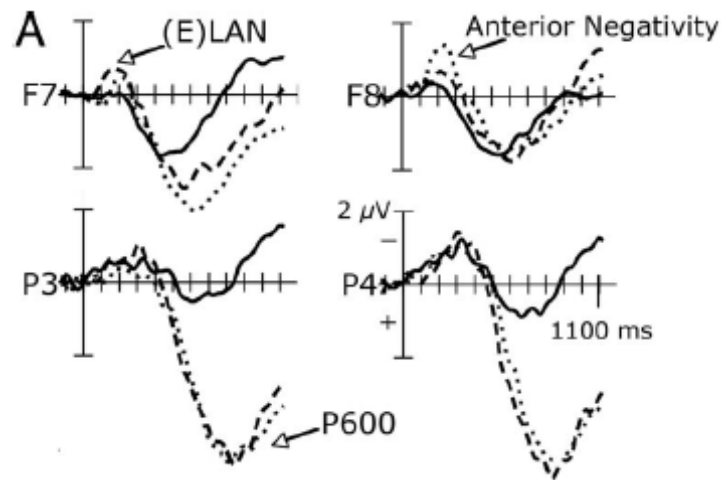
prati neke znakove zapravo poveznica na subleksičkoj razini između znakova i riječi, odnosno da je izgovaranje sastavni dio subleksičke strukture znaka, kao i subleksičke strukture riječi (artikulacija). Hosemann ističe kako u ovom istraživanju *prime* i ciljni znakovi nisu popraćeni izgovaranjem, kako bi se eliminiralo taj mogući utjecaj na obradu. Međutim, zaključuje kako je moguće da je znak, bez obzira što nije bilo izgovaranja, ipak koaktivirao tu subleksičku sastavnicu, a samim time je došlo i do koaktivacije leksičke reprezentacije riječi. No, ovakva je subleksička struktura znaka još pretpostavka, a i oko statusa izgovaranja ne postoji jednoglasje u lingvistici znakovnih jezika tako da su potrebna dodatna istraživanja za potpuno objašnjenje ovog fenomena.

### 3.2. Morfosintaktička obrada

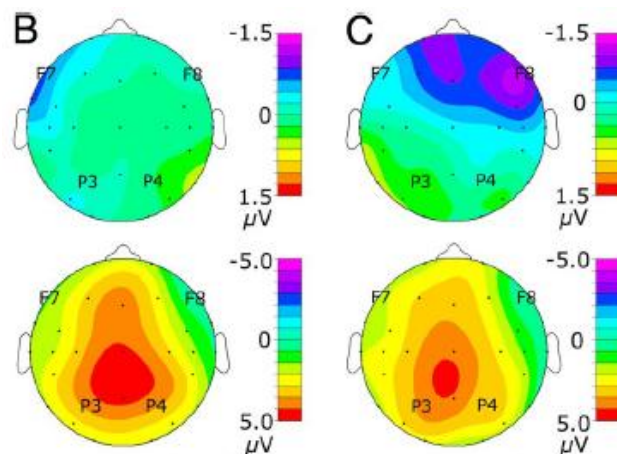
Premda je prvo elektrofiziološko istraživanje (semantičke) obrade nekog znakovnog jezika (točnije, ASL-a) provedeno 1987. godine, morfosintaksu se nije istraživalo sve do unazad nekoliko godina kada su Capek i sur. (2009) dio svog istraživanja posvetili morfosintaktičkoj obradi, odnosno obradi sročnosti u ASL-u (premda oni sročnost navode kao sintaktički fenomen, dalje će se držati tradicionalnog gledanja kao na morfosintaktički fenomen, u skladu s ostalim autorima).

Capek i sur. (2009) ispitali su 15 izvornih gluhih znakovatelja, kojima je ASL materinski i prvi jezik, koji su gledali snimljene rečenice na ASL-u. Cilj im je bio utvrditi ERP odgovore na (morfo)sintaktički pogrešne rečenice. U dijelu istraživanja koje se odnosilo na morfosintaksu, postojale su dvije vrste morfosintaktičke pogreške u rečenici. Prva vrsta pogreške bila je obrnuta sročnost glagola, odnosno glagol nije bio znakovan od subjekta prema smještenom objektu, nego od objekta prema subjektu, što je gramatički pogrešno jer upotrijebljeni glagoli nisu glagoli obrnute sročnosti, štoviše, takvom se uporabom dobiva semantički dvojbena rečenica koja se može tumačiti kao da je objekt zapravo subjekt, a subjekt da je objekt. Druga vrsta pogreške bila je neodređena sročnost kod koje je glagol znakovan od subjekta na drugu stranu od lokusa u kontekstu uspostavljenog referenta. Primjerice, ako je objekt u rečenici bio smješten desno, morfosintaktičku pogrešku namjeravalo se izvesti znakovanjem glagola od subjekta prema lijevo, dakle, prema neutvrđenom referentu. Rezultati (slike 9 i 10) su donekle očekivani: u oba uvjeta pristuna je

dvofazna obrada. Prva faza obilježena je frontalnom negativnošću, a druga faza difuznom centroparijetalnom pozitivnošću.



Slika 9. Uprosječeni rezultati na elektrodama F7, F8 za prvu fazu obrade te P3 i P4 za drugu fazu za točne rečenice (puna linija), rečenice s obrnutom sročnosti glagola (isprekidana linija) i rečenice s neodređenom sročnosti (točkasta linija) (Capek i sur., 2009:8786).

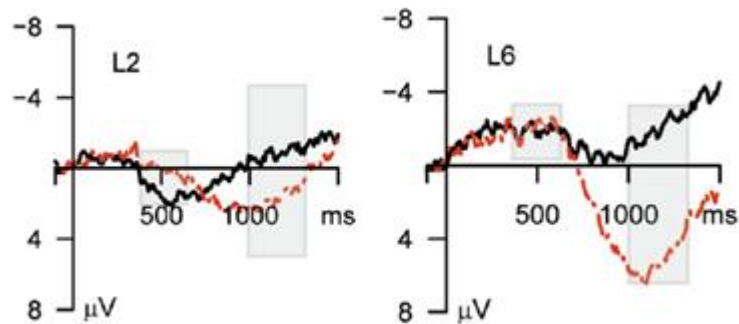


Slika 10. Topografski prikaz za B) obrnuta sročnost glagola (gornji red: prednja negativnost, 140-200 ms; donji red: P600, 475-1200 ms), i C) neodređena sročnost glagola (gornji red: prednja negativnost, 200-360 ms; donji red: P600, 425-1200 ms). Ljubičasta i plava označavaju negativnije amplitude, a crvena pozitivnije (Capek i sur., 2009:8786).

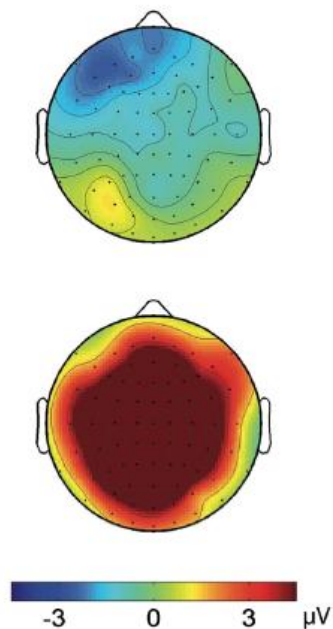
Za prvu se vrstu pogreške posebno izdvaja rana lijevostrana prednja negativnost (ELAN), u vremenu 140 do 200 ms (slika 9, gore lijevo), dok je za drugu vrstu pogreške (slika 9, gore desno), neodređenu sročnost, negativnost bila izraženija naprijed desno (200-360 ms). I za jednu i za drugu vrstu pogreške, elektrofiziološki odgovor u drugoj fazi obrade koja je predstavljena komponentom P600, bio je vrlo sličan, najizraženiji centroparijetalno.

Zanimljivo je da je obrnuta sročnost glagola, koju su ispitanici mogli protumačiti i kao semantičku pogrešku, zapravo obrađena kao (morfo)sintaktička pogreška. Capek i sur. (2009) ističu da su ovi rezultati koji pokazuju dvofaznu obradu, a posebno P600, usporedivi s onima u ERP istraživanjima obrade govornih jezika te da bismo mogli pretpostaviti određeni stupanj amodalnosti jezične obrade. Međutim, određeni utjecaj modaliteta može biti vidljiv u odgovoru na neodređenu sročnost, kada je u prvoj fazi obrade prednja negativnost bila izraženija desno nego lijevo, a autori pretpostavljaju da bi takav odgovor mogao biti zbog povećanih zahtjeva u prostornoj obradi (za koju je inače izraženija desna hemisfera) znakovnog jezika, s obzirom da za ovaj uvjet nije postojao uveden referent. No, postavlja se pitanje koliko je opravdana ovaka interpretacija Capek i suradnika imajući na umu da to što je aktivnost za drugi tip pogreške bila značajna i najveća naprijed desno, ne znači da je i neuralni generator te elektrofiziološke aktivnosti naprijed desno (o problemu lokalizacije ERP komponenti bilo je riječi u uvodu; detaljnije o ovom problemu piše Luck (2014)). Ono što nije dvojbeno je da su neuralni krugovi zaduženi za obradu sigurno različiti kod obrnute i neodređene sročnosti glagola, što potvrđuju obilježja komponenti.

Slične rezultate potvrdilo je i ERP istraživanje obrade DGS-a Hänel-Faulhaber i sur. (2014) koji su u dijelu svog rada istražili kako izvorni gluhi govornici DGS-a obrađuju morfosintaktičke pogreške. Prikazivane su im snimljene rečenice u kojima je struktura rečenice bila  $X_{3a} Y_{3b} {}_{3a}GLAGOL_{3b}$  što je značilo da se glagol kreće od X prema Y, odnosno da je X subjekt, a Y objekt te rečenice. Zbog odabira ovakve strukture rečenica, nije bilo moguće proizvesti morfosintaktički neispravnu rečenicu samo s usmjeravanjem glagola prema suprotnoj strani jer bi se time dobila struktura  ${}_{3b}GLAGOL_{3a}$ , odnosno da je Y subjekt, a X objekt, što je u potpunosti prihvatljiva rečenica. Umjesto toga, pretpostavljeno je da će znakovanje glagola od neutralnog prostora ispred znakovatelja prema znakovatelju, tj. prvom licu dovesti do morfosintaktičke pogreške. Dobivene su karakteristična dvofazna obrada (slika 11) i topografija (slika 12), što potvrđuje njihovu pretpostavku. Također, dobivene komponentne imaju nešto dulje latencije što se objašnjava ranijim postavljanjem trigera.

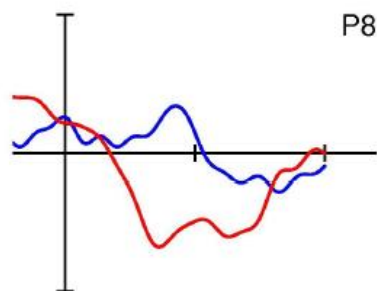


Slika 11. Uprosječeni rezultati na klasterima elektroda L2 i L6 za točne rečenice (crna linija) i morfosintaktički netočne (crvena linija). Slika lijevo prikazuje prvu fazu, LAN (400-600 ms), a slika desno drugu fazu, P600 (1000-1300 ms) (Hänel-Faulhaber i sur., 2014:5).

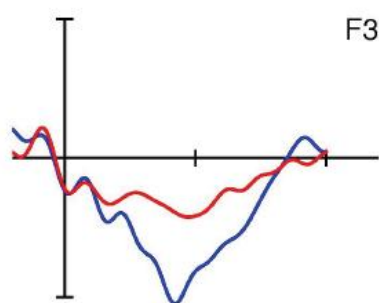


Slika 12. Topografski prikaz LAN-a (gornja slika) i P600 (donja slika). Plava boja značava negativnije amplitude, a crvena pozitivnije (Hänel-Faulhaber i sur., 2014:6).

Istu je vrstu zadatka s pogreškom neodređene sročnosti, kao u istraživanju od Capek i sur. (2009), koristila i Hosemann (2015) u dijelu o morfosintaksi u doktorskoj disertaciji o obradi DGS-a. Međutim, njezini rezultati nisu potvrdili klasičnu dvofaznu obradu s LAN-om i P600, iako je kao i Capek i sur. koristila netočnu sročnost s objektom. Hosemann navodi kako su dva dobivena efekta najvjerojatnije nepovezani, a to su desnostrani stražnji efekt u vremenu od 220 do 570 ms (slika 13) i lijevostrani prednji efekt u vremenu od 300 do 600 ms (slika 14).



Slika 13. Uprosječni rezultat na elektrodi P8 za rečenice s točnom sročnosti (plava linija) i rečenice s neodređenom sročnosti (crvena linija). Negativnost je prikazana prema gore. Za detalje vidjeti tekst (Hosemann, 2015:115).



Slika 14. Uprosječni rezultat na elektrodi F3 za rečenice s točnom sročnosti (plava linija) i rečenice s neodređenom sročnosti (crvena linija). Negativnost je prikazana prema gore. Za detalje vidjeti tekst (Hosemann, 2015:116).

Pritom je prvi efekt bio najizraženiji koristeći triger „nemanualna obilježja“ (prvi okvir kada je bio jasan smjer pogleda prema objektu i/ili kada položaj glave više nije bio neutralan), a drugi koristeći triger „početak znaka“ (prvi okvir kada je ciljni oblik šake došao do ciljne lokacije). Važno je istaknuti da je triger „nemanualna obilježja“ bio u prosjeku 202 ms prije triger „početak znaka“ što znači da se stražnji efekt javio prije prednjega! Polaritet komponenti nije jasan.

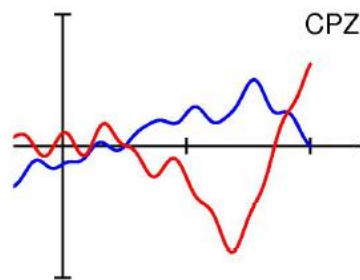
Što te komponente predstavljaju, još nije sasvim jasno. Hosemann pretpostavlja tri moguća objašnjenja za desnostrani stražnji efekt (slika 13). Prvo objašnjenje je nepravilna sastavljenost (eng. *violation of well-formedness*). U tom kontekstu, pozivajući se na Querovo (2011) zapažanje o sročnosti, zaključuje da se „glagol sročnosti koji ne završava na R-lokusu povezanim s referentom, nego na drugom R-lokusu, neće shvatiti kao gramatička pogreška nego narušena oblikovanost“ (Hosemann, 2015:118). Drugo je objašnjenje temeljeno na

dodatnim troškovima obrade jer osim što je sročnost u znakovnim jezicima anaforička, tj. glagol se slaže s lokusom prethodno uvedenog referenta, sročnost može biti i kataforička, odnosno može se referent uvesti nakon glagola. S obzirom da se pogreška htjela izazvati znakovanjem glagola suprotno od lokusa uvedenog referenta prema lokusu kojem nije dodijeljen referent, moguće je da je snimljena elektrofiziološka aktivnost posljedica dodatne obrade i pokušaja „pronaska“ referenta. Treće je moguće objašnjenje narušenost očekivanja (eng. *violation of presupposition*) koje stražnju pozitivnost objašnjava dodatnim troškovima obrade jer se lokus na kojem je glagol završio u drugom uvjetu, odnosno uvjetu s pogreškom, nije mogao povezati s referentom.

Što se tiče objašnjenja za kasniji, prednji lijevostrani efekt (slika 14), Hosemann (2015) pretpostavlja dva objašnjenja. Jedan je da se radi o lijevoj prednjoj negativnosti, moguće i efektu nalik na N400 u usporedbi s prijašnjim istraživanjima koja su dobila slične komponente za riječi koje se nisu uklapale u prethodni kontekst. Druga je mogućnost da se radi o lijevoj prednjoj pozitivnosti koja je bila izraženija za točne rečenice, a negativnija za netočne. Sve u svemu, ovo istraživanje nije dalo konačan odgovor na problem sročnosti u znakovnim jezicima, ali autorica zaključuje da „iz neurolingvističke perspektive, sročnost izražena glagolima sročnosti nije u potpunosti morfosintaktički fenomen, nego i pragmatički“ (Hosemann, 2015:126).

U drugom dijelu svog istraživanja o obradi onoga što je pretpostavljeno kao morfosintaksa, Hosemann je upotrijebila jednostavne glagole te ih stavila u rečenice baš suprotno glavnom obilježju jednostavnih glagola, a to je da ne izražavaju sročnost ni za lice ni za broj. U obrazloženju korištenja jednostavnih glagola Hosemann smatra kako je tvorba „sročnosti“ produžavanjem pokreta jednostavnog glagola uvijek morfosintaktička pogreška jer se sročnost protivi karakteristikama ove skupine glagola. Drugim riječima, tako znakovan glagol uvijek će biti pogreška, za razliku od glagola sročnosti kada je napravljena pogreška tipa neodređene sročnosti, za koju Hosemann smatra da nije uvijek pogreška nego samo u tom rečeničnom kontekstu u kojem glagol završava na lokusu za koji nije utvrđen referent, iako hipotetski taj glagol može biti sročan u slučaju da je za taj isti lokus uveden referent. Dakle, u ovom su eksperimentu snimljene cjelovite rečenice koje su na zadnjem mjestu u rečenici sadržavale jednostavni glagol koji je bio znakovan tako da je završavao na lokusu prethodno neuvedenog referenta. Rezultati ni ovdje nisu replicirali dvofaznu obradu kao u istraživanju

Capek i sur. (2009) i Hänel-Faulhaber i sur. (2014), nego je dobivena difuzna pozitivnost (slika 15), najizraženija za trigger „početak smjera pogleda“, u vremenu 470 do 820 ms.



Slika 15. Uprosječeni rezultat na elektrodi CPZ za rečenice s točno znakovanim jednostavnim glagolom (plava linija) i rečenice sa „sročnim“ jednostavnim glagolom (crvena linija). Negativnost je prikazana prema gore. Za detalje vidjeti tekst (Hosemann, 2015:132).

Kao ni u prethodnom eksperimentu, ni ovdje nije u potpunosti jasno kakav proces i obradu ovi efekti predstavljaju, a iste dvije pretpostavke stoje i ovdje. Dakle, prvo je objašnjenje narušena oblikovanost prema kojemu su ispitanici takve znakove mogli protumačiti kao neprecizne ili loše znakovane, s obzirom da je pokret leksičkog oblika jednostavnog glagola produžen, a drugo pretpostavlja dodatne troškove obrade jer su ispitanici mogli „očekivati“ da će biti uveden novi referent. Hosemann (2015) nadalje ističe kako se u istraživanju od Capek i sur. (2009) nije kontroliralo sve vrste pogrešaka i pogrešnih orijentacija glagola te je samim time moguće da su i dobiveni rezultati (dvofazni model obrade, LAN i P60), zapravo ukupni rezultat različitih procesa.

Trenutno se jedino može zaključiti da nema konsenzusa oko toga što je točno morfosintaktička pogreška s glagolima sročnosti i je li uopće sročnost izražena glagolima sročnosti morfosintaktička kategorija u znakovnim jezicima. Rezultati od Hosemann (2015) idu u prilog tezi da pogrešno usmjereni („neodređeni“) glagoli sročnosti u DGS-u ne predstavljaju morfosintaktičku obradu, međutim, rezultati od Capek i sur. (2009), kao i Hänel-Faulhaber i sur. (2014) oprečni su onima od Hosemann (2015) i smatraju da se radi o morfosintaktičkim procesima.

Kako je o morfosintaksi u uvodnom dijelu i rečeno, u ovu kategoriju, morfosintaksu, pripadaju i klasifikatori. Zasad u svijetu postoji samo jedno elektrofiziološko istraživanje obrade klasifikatora, a proveli su ga Roehm i sur. (2012). Primarni cilj njihova istraživanja bio je istražiti semantičku obradu homonima i klasifikatora (dio o homonimima bit će raspravljen

u poglavlju o semantici). Izvorni govornici austrijskog znakovnog jezika (ÖGS) gledali su snimljene cjelovite rečenice u kojima se zadnji znak mogao uklapati u rečnični kontekst ili ne. Primjer upotrijebljene ispravne rečenice s klasifikatorom za uspravno vozilo je (4).

(4) MOTORBIKE **B-CL** OPPOSITE+PART WHAT MOTORBIKE **B-CL**.

*Motocikl koji ide uzbrdo suprotno je od mototickla koji ide nizbrdo.*

Kako bi proizveli pogrešku, u drugom dijelu rečenice bio bi upotrijebljen klasifikator koji nije odgovarajući za entitet koji bi trebao predstavljati. Dakle, pogrešku se izazvalo na način da bi se u drugom dijelu rečenice umjesto B-CL<sub>okomito</sub> klasifikatora (nazvan po obliku šake B u jednoručnoj abecedi) za uspravna vozila/vozila na dva kotača, upotrijebio onaj za vozila na četiri kotača, B-CL<sub>vodoravno</sub>, primjerice, AUTO, iako je prethodno znakovan, primjerice, BICIKL. Oblik šake za ta dva klasifikatora je jednak, ali im je orijentacija različita. Pretpostavka je bila da će ovakva vrsta pogreške izazvati N400 komponentu. No, dobivena je dvofazna obrada: LAN, iza kojeg je slijedio P600, dvije komponente karakteristične za morfosintaktičku obradu u govornom jeziku. No, budući da obrada znakovnih i govornih jezika ne sadrži nužno iste procese, treba biti oprezan s izvođenjem zaključaka.

Metodu evociranih potencijala moguće je iskoristiti i za sintaktička istraživanja, primjerice, preferenciju u redu riječi. Tako je Krebs (2013) ispitala obradu dvosmislenih rečenica u ÖGS-u kod gluhih ispitanika. Točnije, cilj je bio utvrditi obradu kod rečenica s trima vrstama glagola - jednostavnim glagolima, sročnim glagolima te konstrukcijama s klasifikatorima. Za razliku od, primjerice, HZJ-a koji ima osnovni red riječi SPO, u ÖGS-u to je SOP, premda su, naravno, mogući i drugi redovi riječi poput OSP. Ispitanicima su prikazane rečenice u kojima je prvi argument bio subjekt, dakle struktura SOP, i suprotne, OSP, gdje je prvi argument bio objekt. Rezultati su pokazali troškove obrade, odnosno veću amplitudu i dulje vrijeme za uvjete kada je prikazana OSP rečenica. Točnije, Krebs (2013) pretpostavlja da u tim slučajevima dolazi do reanalize rečenice i ponovnog utvrđivanja argumenata. Drugim riječima, ovo je elektrofiziološki dokaz da je preferirani red riječi u potencijalno dvosmislenim rečenicama u ÖGS-u SOP.



### 3.3. Semantička obrada

U elektrofiziološkim istraživanjima obrade jezika pretežno su korištene dvije paradigme: paradigma semantičke pogreške i paradigma semantičkog *priminga*, o kojima je bilo riječi i u uvodu. Paradigma semantičke pogreške temelji se na rečenici koja sadrži riječ ili znak koji se ne uklapa u rečenični kontekst po svojim semantičkim svojstvima, primjerice „Čovjek glača tortu“. Torte se obično ne glačaju, nego majice, košulje i slično, i zato je ova rečenica semantički neispravna, značenje se ne uklapa. Druga paradigma je paradigma semantičkog *priminga*. Sastoji se od prikazivanja dviju riječi ili znakova, gdje je prvi element *prime*, a drugi je ciljni znak ili riječ. S obzirom na određena svojstva, *prime* riječ može „pripremiti“ riječ koja slijedi, odnosno inducirati preaktivaciju te time dovesti do promjene u brzini obrade. U kontekstu evociranih potencijala u neurolingvistici navedene paradigme obično dovode do modulacije amplitude komponente negativnog polariteta, takozvane N400 komponente (Lau i sur., 2008).

U neurolingvističkim istraživanjima obrade znakovnih jezika, metoda evociranih potencijala prvi je put upotrijebljena za ASL kada su Kutas i sur. (1987) ispitali, između ostalih, i gluhe osobe kojima je ASL materinski jezik. Ispitanicima je na zaslonu bila prikazivana rečenica, znak po znak, a zadnji se znak mogao ili nije morao značenjski uklapati u rečenicu, što je u slučaju neuklapanja izazvalo negativniju amplitudu u odnosu na rečenice u kojima se zadnji znak uklapao. Isto su potvrdili Neville i sur. (1997). Ipak, rezultate ovih istraživanja treba uzeti s oprezom jer su rečenice prikazivane znak po znak, dakle podražaji nisu bili prirodno prezentirani te je vrlo diskutabilan odabir trigera, odnosno analiza 100 ms prije i 700 ms poslije svakog podražaja jer se na taj način možda zahvaćaju prethodni ili sljedeći procesi.

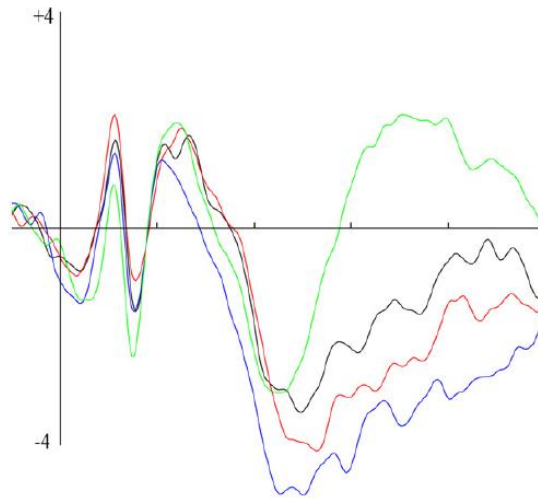
Capek i sur. (2009), koliko je poznato, prvi su upotrijebili prirodno prikazivanje cjelovitih rečenica koje su sadržavale znak koji se semantički ne uklapa u rečenicu. Rezultati su, očekivano, pokazali N400 s bilateralnom parijetalnom topografijom, kao i za govorne jezike, što sugerira da je N400 jezično amodalan. Rezultate su replicirali Hosemann i sur. (2013) te Hänel-Faulhaber i sur. (2014).

Osim ove klasične paradigme semantičke pogreške, kada se ciljni znak ne uklapa u rečenični kontekst, u austrijskom znakovnom jeziku (ÖGS) provedeno je istraživanje u kojem

su semantičke pogreške bile temeljene na antonimima (Roehm i sur., 2012). Dakle, prikazana je cjelovita snimka rečenice koja je u sebi sadržavala antonim koji je, ovisno o uvjetu, mogao biti točan ili netočan, s tim da je netočni uvjet imao dvije podvrste - povezani i nepovezani znak. Primjerice, povezani je bio *Suprotna boja od crne je žuta*, a nepovezani *Suprotna boja od crne je lijepo*. Za oba netočna uvjeta dobiven je N400, ali je, očekivano, amplituda bila negativnija za netočni nepovezani u odnosu na samo netočni ali povezani uvjet. Zanimljivo je to što je N400 počeo prije nego je u potpunosti oblikovana šake ciljnog znaka, dakle postojala su predviđanja na temelju prijelaznih pokreta.

Današnji standardi u ERP istraživanjima znakovnih jezika pretpostavljaju prikazivanje prirodnih rečenica, dakle cjelovitih, bez naknadnih modifikacija same rečenice jer to utječe na njezinu prirodnost, imajući u vidu važnost prijelaznih pokreta fluentnog znakovanja. Isto tako, što se tiče trigera, postalo je sasvim jasno da gluhi ispitanici, kojima je određeni znakovni jezik materinski, imaju tijekom obrade rečenice predviđanja sljedećeg znaka na temelju prijelaznih pokreta između dva znaka. To bi značilo da obrada počinje i prije potpuno oblikovane šake ciljnog znaka, odnosno u trenutku kada počinje promjena oblika šake prethodnog znaka prema ciljnom ili sljedećem. Ova je pojava specifična za znakovne jezike jer se N400 u govornim jezicima javlja tek kada ciljna riječ počne (Roehm i sur., 2012; Hosemann i sur., 2013).

Grosvald i sur. (2012) koristili su istu paradigmu semantičke pogreške, ali su je i proširili. Cilj im je bio ispitati različite utjecaje na obradu ASL-a pa su proveli ispitivanje s gluhim ispitanicima u četiri uvjeta, odnosno rečenica je završavala na četiri moguća načina: zadnji znak se u potpunosti značenjski uklapao u rečenicu, znak se značenjski nije uklapao u rečenicu, zadnji znak je bio pseudoznak (fonotaktički ispravni, ali semantički prazni, neleksički oblik) te nejezični oblik, odnosno geste, koje su zapravo bile neka radnja na tijelu, primjerice češkanje glave.



Slika 16. Uprosječeni rezultati na elektrodi OZ za semantički ispravne znakove (crna linija), semantički neispravne (crvena linija), pseudoznakove (plava linija) i geste (zelena linija). Negativnost je prikazana dolje. Razmak na x osi je 200 ms (Grosvald i sur., 2012:17).

Rezultati (slika 16) su pokazali da u odnosu na točne rečenice, semantički netočno upotrijebljeni znakovi izazivaju negativniju amplitudu, a pseudoznakovi još negativniji otklon, što nas upućuje na dodatne troškove obrade i modulaciju N400. Zanimljivo je kako je obrada gesti uzrokovala veliki pozitivni otklon s vrhom na otprilike 650 ms. Autori pretpostavljaju da ova razlika u neuralnom odgovoru predstavlja i različitu obradu jezičnih i nejezičnih informacija te iznose nekoliko mogućih objašnjenja za pozitivni otklon i moguću P300 komponentu. Razlog zašto bi se moglo raditi o P300 jest da su ispitanici prikazane geste protumačili kao malo vjerojatan kraj rečenice, što i jest moguće s obzirom da su tri od četiri uvjeta bila jezična, a četvrti nejezični tj. gesta. Drugo je moguće objašnjenje da u obradi postoji predleksičko filtriranje znakova na temelju odstupajućih fizikalnih obilježja. U ovom slučaju to bi značilo da su ispitanici prepoznali kako u gesti nema fonoloških obilježja pa je samim time isključena daljnja leksička obrada.

Paradigmom semantičkog *priminga* upotrijebili su Zachau i sur. (2014). Na skupini izvornih bimodalnih dvojezičnih osoba (čujuće osobe koje imaju gluhe roditelje te podjednako vladaju finskim jezikom i finskim znakovnim jezikom) i bimodalnih dvojezičnih osoba koje su naučile finski znakovni jezik kasnije kao drugi jezik, istražili su kakva je veza u obradi značenja u jezicima različitoga modaliteta, tj. postoji li međusobna povezanost kod korisnika dvaju jezika, jednog govornog i jednog znakovnog. Set podražaja činili su parovi znakova finski-finski te finski-finski znakovni jezik. Dakle, leksem iz finskog je uvijek bio

prva riječ. Zadatak ispitanika bio je odrediti je li ciljni podražaj antonim od prethodno prikazane riječi. Rezultati su pokazali različite elektrofiziološke odgovore: unutarmodalna obrada netočnih antonima popraćena je s N400 nakon koje je slijedila pozitivnost (LPC, eng. *late positive complex*, komponenta za koju se smatra da odražava kontrolirane procese), dok je krosmodalna obrada popraćena također s N400 i LPC, no topografija negativnosti je bila različita u skupini izvornih bimodalnih dvojezičnih govornika. Također, grupa ispitanika koja je kasno naučila finski znakovni jezik nije pokazala značajne razlike u obradi antonima i nepovezanih znakova što govori u prilog tome da je različita neuralna obrada pod utjecam dobi usvajanja. Dakle, N400 i LPC su se pojavili u oba modaliteta, otprilike svaki u očekivanom vremenu, no topografija je bila različita. Zanimljivo je, a zasad i neobjašnjeno, što je u grupi izvornih bimodalnih dvojezičnih osoba razlika u amplitudi između uvjeta s antonimima i uvjeta s netočnim značenjem nazvana N400, iako su polaritet i smjer efekta bili pozitivni, a ne negativni.

Sva dosadašnja istraživanja bavila su se obradom tijekom zadatka jezičnog razumijevanja, no Baus i Costa (2015) postavili su pitanje kakav je leksički priziv i njegovi elektrofiziološki korelati kada se radi o jezičnoj produkciji. Točnije, cilj je bio ispitati utjecaj čestote i ikoničnosti na leksički priziv tijekom znakovanja. Čujućim bimodalno dvojezičnim osobama (koje su kasno naučile katalonski znakovni jezik (LSC) kao drugi jezik) prikazane su slike koje su trebali usmeno imenovati na španjolskom ili znakovati značenje te slike na LSC-u. Analiza ERP podataka otkrila je da se već između 70 i 140 ms nakon prikaza slike počinje javljati razlika u amplitudi za ikonične znakove, što znači da se semantička svojstva ikoničnih znakova u mentalnome leksikonu brže aktiviraju. Efekt čestote pojavio se nešto kasnije, u vremenu od 280 do 350 ms što autori objašnjavaju činjenicom da postoje razlike u latencijama ovisno o modalitetu u kojem se odgovara. Ovu razliku možemo objasniti i time da je ikoničnost dominantnije obilježje u mentalnom leksikonu, s obzirom da su se efekti vezani za nju pojavili ranije u obradi, a izraženiji su za znakove manje čestote. S druge strane, suprotan zaključak u svojem bihevioralnom istraživanju iznijeli su Bosworth i Emmorey (2010) koji na uzorku prelingvalno gluhih osoba, kojima je ASL prvi jezik, nisu našli brži priziv za ikonične u odnosu na neikonične znakove. Budući da ispitanici u istraživanju Baus i Coste (2015) nisu bili izvorni govornici, pitanje je koliko dobiveni rezultati predstavljaju obradu specifičnu za dvojezične osobe (i to one s kasno naučenim drugim jezikom).

Gutierrez i sur. (2012b) također su istražili leksički priziv, ali za razliku od Baus i Coste (2015) manipulirali su semantičkim i fonološkim obilježjima tijekom obrade rečenica te ustanovili da semantička obilježja, neovisno o fonološkim, mogu dovesti do aktivacije, ali i da fonološka obilježja mogu prizvati semantičke informacije, slično kao što su Gutierrez i sur. (2012a) opisali kompeticiju u leksičkoj aktivaciji potaknutu zajedničkim fonološkim parametrima.

#### 4. ZAKLJUČAK

Evocirani potencijali u neurolingvistici omogućuju vrlo precizno istraživanje jezične obrade. To ih čini posebno pogodnima za istraživanje znakovnih jezika, u kojima je moguće simultano izražavanje informacija zbog manualnih i nemanualnih artikulatora. Prva istraživanja znakovnih jezika evociranim potencijalima provedena su prije tridesetak godina, a intenzivnije su zastupljena unatrag osam godina. Međutim, i novija se istraživanja uglavnom oslanjaju na uspoređivanje obrade znakovnih jezika sa spoznajama o obradi govornih jezika. Moguće je da takav pristup nije potpuno ispravan i plodotvoran jer se još nedovoljno poznaju i struktura i obrada znakovnih jezika. Iz tog bi razloga možda bilo uputno usmjeriti se na tipološka istraživanja, odnosno međusobno uspoređivanje znakovnih jezika, u što bi trebalo uključiti i HZJ kao prirodni jezik gluhih osoba u Republici Hrvatskoj.

## 5. POPIS LITERATURE

Ahlsén, E. (2006). Introduction to neurolinguistics. Amsterdam: John Benjamins Publishing Company.

Barić, E., Lončarić, M., Malić, D., Pavešić, S., Peti, M., Zečević, V., Znika, M. (2005). Hrvatska gramatika. Zagreb: Školska knjiga.

Baus, C., Costa, A. (2015). On the temporal dynamics of sign production: An ERP study in Catalan Sign Language (LSC). *Brain Research*, 1609, 40-53.

Bosworth, R. G., Emmorey, K. (2010). Effects of iconicity and semantic relatedness on lexical access in American Sign Language. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 36 (6), 1573-1581.

Bradarić-Jončić, S. (2000). Manualna komunikacija osoba oštećena sluha. *Hrvatska revija za rehabilitacijska istraživanja*, 36 (2), 123-136.

Brentari, D. (1998). A prosodic model of sign language phonology. Cambridge, MA: The MIT Press.

Brentari, D. (2012). Phonology. U: R. Pfau, M. Steinbach, B. Woll: *Sign language: an international handbook* (str. 21-54). De Gruyter Mouton.

Brinar, V. (2009). Dijagnostički postupci u neurologiji. U: V. Brinar (ur.): *Neurologija za medicinare* (str.144-163). Zagreb: Medicinska naklada.

Capek, C. M., Grossi, G., Newman, A. J., McBurney, L. S., Corina, D., Roeder, B., Neville, H. J. (2009). Brain systems mediating semantic and syntactic processing in deaf native signers: biological invariance and modality specificity. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 106 (21), 8784-8789.

Capek, C. M., Neville, H. J. (2015). Studying sign language processing using functional neuroimaging techniques: FMRI, ERP, MEG and TMS. U: E. Orfanidou, B. Woll, G. Morgan (ur): *Research methods in sign language studies: a practical guide* (str. 321-335). Wiley Blackwell.

- Colin, C., Zuinen, T., Bayard, C., Leybaert, J. (2013). Phonological processing of rhyme in spoken language and location in sign language by deaf and hearing participants: A neurophysiological study. *Clinical Neurophysiology*, 43 (3), 151-160.
- Dobravac, G., Palmović, M. (2006). Evocirani potencijali i sintaktička i semantička obrada. *Govor*, 23 (1), 19-28.
- Emmorey, K. (2002). *Language, cognition, and the brain: insights from sign language research*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Fridriksson, J. (2011). *Neuroimaging and brain-based communication disorders*. U: L. L. LaPointe (ur): *Aphasia and related neurogenic language disorders*. New York: Thieme.
- Friederici, A. D. (2002). Towards a neural basis for auditory sentence processing. *Trends in Cognitive Sciences*, 6 (2), 78-84.
- Friederici, A. D., Hahne, A., Mecklinger, A. (1996). Temporal structure of syntactic parsing: early and late event-related brain potential effects. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 22, 1219-1248.
- Fromkin, V., Rodman, R., Hyams, N. (2011). *An introduction to language*. Wadsworth Cengage Learning.
- Grose, D. (2012). Lexical semantics: semantic fields and lexical aspect. U: R. Pfau, M. Steinbach, B. Woll: *Sign language: and international handbook* (str. 432-462). De Gruyter Mouton
- Grosvald, M., Gutierrez, E., Hafer, S., Corina, D. (2012). Dissociating linguistic and non-linguistic gesture processing: electrophysiological evidence from American Sign Language. *Brain and Language*, 121, 12-24.
- Gutierrez, E., Müller, O., Baus C., Carreiras, M. (2012a). Electrophysiological evidence for phonological priming in Spanish Sign Language lexical access. *Neuropsychologia*, 50, 1335-1346.



- Gutierrez, E., Williams, D., Grosvald, M., Corina, D. (2012b). Lexical access in American Sign Language: an ERP investigation of effects of semantics and phonology. *Brain Research*, 1468, 63-83.
- Hagoort, P., Wassenaar, M., Brown, C. M. (2003). Syntax-related ERP-effects in Dutch. *Cognitive Brain Research*, 38-50.
- Hänel-Faulhaber, B., Skotara, N., Kügow, M., Bottari, D., Röder, B. (2014). ERP corellates of German Sign Language processing in deaf native signers. *BMC Neuroscience*, 15 (62).
- Hickok, G., Kritchevsky, M., Bellugi, U., Klima, E. S. (1996). The role of the left frontal operculum in sign language aphasia. *Neurocase*, 2, 373-380.
- Hickok, G., Love-Greffen, T., Klima, E. S. (2002). Role of the left hemisphere in sign language comprehension. *Brain and Language*, 82, 167-178.
- Hosemann, J. (2015). The processing of German Sign Language sentences: three event-related potential studies on phonological, morpho-syntactic, and semantic aspects. *Doktorska disertacija*.
- Hosemann, J., Herrmann, A., Steinbach, M., Bornkessel-Schlesewsky, I., Schlesewsky, M. (2013). Lexical prediction via forward models: N400 evidence form German Sign Language. *Neuropsychologia*, 51, 2224-2237.
- Ivšac Pavliša, J., Lenček, M. (2011). Fonološke vještine i fonološko pamćenje: neke razlike između djece urednoga jezičnoga razvoja, djece s perinatalnim oštećenjem mozga i djece s posebnim jezičnim teškoćama kao temeljni prediktori čitanja. *Hrvatska revija za rehabilitacijska istraživanja*, 47 (1), 1-16.
- Johnston, T., Schembri, A. (2007). *Australian Sign Language (Auslan): an introduction to sign language linguistics*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Kaan, E. (2007). Event-related potentials and language processing: a brief overview. *Language and Linguistics Compass*, 1/6: 571-591.
- Kemmerer, D. (2015). *Cognitive neuroscience of language*. New York: Psychology Press.

- Kim, A., Osterhout, L. (2005). The independence of combinatory semantic processing: evidence from event-related potentials. *Journal of Memory and Language*, 52, 205-225.
- Klima, E. S., Bellugi, U. (1979). *The signs of language*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Krebs, J. (2013). *The processing of word order variations in Austrian Sign Language (ÖGS): an ERP study on subject-preference*. Magistarski rad. Sveučilište u Salzburgu.
- Kutas, M., Federmeier, K. D. (2007). Event-related brain potential (ERP) studies of sentence processing. U: U: M. Gareth Gaskell (Ur.): *The Oxford Handbook of Psycholinguistics* (str. 385-406). Oxford: Oxford University Press.
- Kutas, M., Federmeier, K. D. (2011). Thirty years and counting: finding meaning in the N400 component of the event-related brain potential (ERP). *Annual Review of Psychology*, 62, 621-647.
- Kutas, M., Hillyard, S. A. (1980). Reading senseless sentences: brain potentials reflect semantic incongruity. *Science* 207, 203-5.
- Kutas, N., Neville, H. J., Holcomb, P. J. (1987). A preliminary comparison of the N400 response to semantic anomalies during reading, listening and signing. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology Supplement*, 39, 325-330.
- Lau, E. F., Phillips, C., Popeppel, D. (2008). A cortical network for semantics: (de)constructing the N400. *Nature Review Neuroscience*, 9 (12), 920-933.
- Leeson, L., Saeed, J. (2012). *Irish Sign Language: a cognitive linguistic approach*. Edinburgh University Press.
- Lelekov, T., Dominey, P. F., Garcia-Larrea, L. (2000). Dissociable ERP profiles for processing rules vs instances in a cognitive sequencing task. *NeuroReport*, 11 (5), 1129-1132.
- Luck, S. J. (2014). *An introduction to the event-related potential technique*. Cambridge: The MIT Press.

- Mathur, G., Rathman, C. (2012). Verb agreement. U: R. Pfau, M. Steinbach, B. Woll: Sign language: an international handbook (str. 136-157). De Gruyter Mouton.
- McPherson, W. B., Holcomb, P. J. (1999). An electrophysiological investigation of semantic priming with pictures of real objects. *Psychophysiology*, 36, 53-65.
- Meade, G., Midgley, K. J., Sevcikova Sehyr, Z., Holcomb, P. J., Emmorey, K. (2017). Implicit co-activation of American Sign Language in deaf readers: An ERP study. *Brain and Language*, 170, 50-61.
- Mildner, V. (2003). Govor između lijeve i desne hemisfere. Zagreb: IPC grupa.
- Milković, M., Bradarić-Jončić, S., Wilbur, R. B. (2006). Word order in Croatian Sign Language. *Sing Language & Linguistics*, 9 (1/2), 169-206.
- Morford, J. P., Wilkinson, E., Villwock, A., Piñar, P., Kroll, J. F. (2011). When deaf signers read English: Do written words activate their sign translations? *Cognition*, 118 (2), 286-292.
- Neville, H. J., Coffey, S. A., Lawson, D. S., Fischer, A., Emmorey, K., Bellugi, U. (1997). Neural systems mediating American Sign Language: effects of sensory experience and age of acquisition. *Brain and Language*, 57, 285-308.
- Nunez-Pena, M. I., Honrubia-Serrano, M. L. (2004). P600 related to rule violation in an arithmetic task. *Cognitive Brain Research*, 18, 130-141.
- Patel, A. D., Gibson, E., Ratner, J., Besson, M., Holcomb, P. J. (1998). Processing syntactic relations in language and music: an event-related potential study. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 10 (6), 717-733.
- Pfau, R. (2016). Morphology. U: A. Baker, B. van den Bogaerde, R. Pfau, T. Schermer (ur.): *The linguistics of sign languages: an introduction* (str. 197-228). Amsterdam: John Benjamins Publishing Company.
- Pfau, R., Steinbach, M., Woll, B. (2012). *Sign language: an international handbook*. De Gruyter Mouton.

- Pulvermüller, F. (2007) Word processing in the brain as revealed by neurophysiological imaging. U: M. Gareth Gaskell (Ur.): *The Oxford Handbook of Psycholinguistics* (str. 119-139). Oxford: Oxford University Press.
- Quer, J. (2011). When agreeing to disagree is not enough: further arguments for the linguistic status of sign language agreement. *Theoretical Linguistics*, 4, 189-196.
- Roehm, D., Krebs, J., Wilbur, R. (2012). An ERP study of semantic processing in Austrian sign language (ÖGS): The distinct case of antonyms and classifiers. Poster predstavljen na 25. godišnjaj CUNY konferenciji, New York, NY.
- Sandler, W., Lillo-Martin, D. (2005). *Sign language and linguistic universals*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Schermer, T., Pfau, R. (2016). *Psycholinguistics*. U: A. Baker, B. van den Bogaerde, R. Pfau, T. Schermer (ur.): *The linguistics of sign languages: an introduction* (str. 25-50). Amsterdam: John Benjamins Publishing Company.
- Senghas, A., Coppola, M. (2001). Children creating language: how Nicaraguan Sign Language acquired a spatial grammar. *Psychological Sciences*, 12 (4), 323-328.
- Shen, W., Fiori-Duharcourt, N., Isel, F. (2016). Functional significance of the semantic P600: evidence from the event-related brain potential source localization. *Neuroreport*, 27 (7), 548-558.
- Sitnikova, T., Holcomb, P. J., Kiyonaga, K. A., Kuperberg, G. R. (2008). Two neurocognitive mechanisms of semantic integration during the comprehension of visual real-world events. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 20 (11), 2037-2057.
- Sitnikova, T., Kuperberg, G., Holcomb, P. J. (2003). Semantic integration in videos of real-world events: an electrophysiological investigation. *Psychophysiology*, 40, 160-164.
- Steinhauer, K., Connolly, J. F. (2008). Event-related potentials in the study of language. U: B. Stemmer and H. A. Whitaker (ur.): *Handbook of the neuroscience of language* (str. 91-104). London: Elsevier.

- Sutton-Spence, R., Woll, B. (1999). *The linguistics of British Sign Language: an introduction*. Cambridge University Press.
- Šarac Kuhn, N., Alibašić-Ciciliani, T., Wilbur, R. B. (2006). Phonological parameters in Croatian Sign Language. *Sign Language & Linguistics*, 9 (1/2), 33-70.
- Škiljan, D. (1980). *Pogled u lingvistiku*. Zagreb: Školska knjiga.
- Ujević, E. (2011). *Vrste klasifikatora u hrvatskom znakovnom jeziku*. Diplomski rad, Edukacijsko-rehabilitacijski fakultet Sveučilišta u Zagrebu
- Valli, C., Lucas, C. (2001). *Linguistics of American Sign Language: an introduction*. Washington D.C.: Gallaudet University Press.
- van der Kooij, E., Crasborn, O. (2016). Phonology. U: A. Baker, B. van den Bogaerde, R. Pfau, T. Schermer (ur.): *The linguistics of sign languages: an introduction* (str. 251-278). Amsterdam: John Benjamins Publishing Company.
- West, W. C., Holcomb, P. J. (2002). Event-related potentials during discourse-level semantic integration of complex pictures. *Cognitive Brain Research*, 13, 363-375.
- Wilbur, R. B. (2013). The point of agreement: changing how we think about sign language, gesture, and agreement. *Sign Language & Linguistics*, 16 (2), 221-258.
- Willems, R. M., Ozyurek, A., Hagoort, P. (2008). Seeing and hearing meaning: ERP and fMRI evidence of word versus picture integration into a sentence context. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 20, 1235-1249.
- Zachau, S., Korpilahti, P., Hämäläinen, Ervast, L., Heinänen, K., Suominen, K., Lehtihalmes, M., Leppänen, P. H. T. (2014). Electrophysiological correlates of cross-linguistic semantic integration in hearing signers: N400 and LPC. *Neuropsychologia*, 59, 57-73.
- Zwitserlood, I. (2012). Classifiers. U: R. Pfau, M. Steinbach, B. Woll: *Sign language: an international handbook* (str. 158-186). De Gruyter Mouton.