

SÕNARÕHU MÄRKIMINE SÕNASTIKES JA SELLE MÕJU KÕNESÜNTEESILE

Liisi Piits, Heete Sahkai, Meelis Mihkla,
Indrek Hein, Hille Pajupuu, Liis Ermus

Ülevaade. Artiklis käsitletakse eesti keele sõnarõhu märkimise probleeme sõnastikes ning märgenduse mõju hääldusmärke arvestava kõnesüntheesi kvaliteedile. Eesti Keele Instituudi tänapäeva sõnastikes kasutatav häälduse märkimise süsteem ei võimalda eristada esi- ja järgsilbirõhuga võõrsõnu, milles on teisest silbist kaugemal järgsilbis III välte märk või pikk vokaal. Vaikimisi langeb pearõhk siis järgsilbile, kuigi tegelikult võib sellistest sõnadest ligi neljandik häälduda pearõhuga esisilbil. Uurimuses pakume välja märgendussüsteemi, mis võimaldaks selliste sõnade pearõhku sõnaraamatutes adekvaatselt kirjeldada ja kõnesüntesaatoriga helindada, ning treenisime hääldusmärke arvestava üksisõnade süntesaatori uue versiooni, mis võimaldab sünteesida seda tüüpi sõnu soovitud rõhuga.*

Võtmesõnad: pearõhk, kõnesüntesaator, sõnastikud, hääldusmärgid, eesti keel

1. Sissejuhatus

Eesti keel on fikseeritud ehk kinnistunud sõnarõhuga keel, milles pearõhk on harilikult esimesel silbil. Hüüd- ja võõrsõnades, aga ka mõne tuletusliite korral võib pearõhuline olla muugi kui esisilp (Asu jt 2016: 127, EG 2023: 72). Eesti Keele Instituudi (EKI) tänapäeva eesti keele sõnastikes (nt EKI ühend sõnastik 2025, ÕS 2018 ja ÕS 2025) on kasutusel ühtne leksikograafiliste hääldusmärkide süsteem, kus ebareeglipäraselt pearõhku märgitakse akuudiga (´) silbituumaks oleva täishääliku ees. Reeglipäraseks loetakse esisilbirõhku, samuti järgsilbirõhku võõrsõnades, kus järgsilbis esineb III välde (*el`ekter*, *limon`aad*) või pikk vokaal (*aerobika*, *hügieeniline*). Põhimõtteid kirjeldatakse põhjalikumalt EKI teatmik¹ (2025) ja ÕS-is (2018)². Seal kirjeldatud rõhu märkimise põhimõtted on kasutajale, eelkõige keeleõppijale, eksitavad ega võimalda saada selget infot rõhu paiknemise

* Töö on valminud Haridus- ja Teadusministeeriumi Eesti Keele Instituudi baasfinantseerimise toel (projekt EKI-BAAS-2025/1).

¹ <https://eki.ee/teatmik/haaldusmargid-uhendsonastikus-us/> (30.9.2025).

² <https://arhiiv.eki.ee/dict/qs/qs.html> (30.9.2025).

kohta teatud sõnatüüpides, sest võõrsõnades, mille järgsilbis on III välde või pikk vokaal, võib pearõhk olla kas järg- või esisilbil (Hint 1973: 115–116), aga sõnastike märgendus ei võimalda vahet teha, kus täpsemalt sellistes sõnades pearõhk võiks paikneda (ÕS 2018, EKI teatmik).

Sõnastikes kasutusel oleva rõhumärgenduse probleemid tõusid esile ka EKI ühendsõnastiku märksõnade ja nende vormide helindamisel hääldusmärke arvestava kõnesüntesaatoriga, mis lähtus helindamisel sõnastiku märgendusest. EKI-s 2024. aastal välja töötatud hääldusmärke arvestav kõnesüntesaator (Kiissel 2024) saab hästi hakkama väldete ja palatalisatsiooni tekitamisega (Kiissel jt 2025), aga hääldab mitmeid tuntud võõrsõnu ebaloomuliku rõhuga. Meie eesmärk on teada saada, kas sõna pearõhu täpsem märgendamine järgsilbis kõnesüntesaatori treeningandmetes ja hilisemas sünteesisisendis parandab kõnesünteesi kvaliteeti, ning pakkuda välja sõnastikele uus sõnarõhu märgendamise süsteem, mis võimaldaks kasutajale ja süntesaatorile anda infot sõnarõhu paiknemise kohta võõrsõnades.

2. Sõnarõhu märgendus EKI ühendsõnastikus ja ÕS-is

Eesti keele sõnastikes märgitakse teatud juhtudel ainult pearõhku, kaasrõhku ei märgita. Ka siinses artiklis peetakse rõhust rääkides silmas eelkõige pearõhku. EKI ühendsõnastik ja ÕS-id lähtuvad juba 1992. aastal “Väikese vormisõnastiku” (Viks 1992: 9) jaoks välja töötatud põhimõttest: rõhku märgitakse ainult siis, kui seda ei saa automaatselt tuletada sõna struktuurist. Rõhk on reeglipäraselt esisilbil või järgsilbil, kui see on tähistatud III välte märgiga, milleks on graavis (´), nt *adjut`an't*, *mandol`iin*, *imperat`iiv*, või kui järgsilbis esineb pikk vokaal, nt *aeroobika* või *marmelaadi*. Selliste sõnade puhul eeldatakse, et pearõhk käib järgsilbi III välte märgi või pika vokaaliga automaatselt kaasas. Nii ÕS 2018, ÕS 2025 kui ka EKI teatmik (2025) kirjeldavad rõhumärgi kasutust ja selle automaatse reegli rakendumist erinevalt: ÕS 2025 ei too seda vaikimisi reeglit rõhumärgi selgituse juures üldse välja ja teiste sõnastike seletustest ei selgu, millal reegel rakendub ja millal mitte.

ÕS 2018 hääldusmärkide seletuses öeldakse: “Võõrsõnadel, mille grammatiliselt rõhulise silbi ees on üks silp, on üks rõhk, nt *mass`iivne*, *fin`iitne*. Kui aga grammatiliselt rõhulise silbi ees on kaks või enam silpi, on võimalikud kaks rõhku – esisilbirõhk ja grammatiline rõhk: *´agress`iivne*, *d´iskurs`iivne*, *k´onstrukt`iivne*, *p´ortat`iivne*. Võimalikku esisilbirõhku ei ole raamatus märgitud.” Sõnastusest jääb esiteks ebaselgeks, kas kaks rõhku on võimalikud kõigis viimatimainitud tüüpi sõnades või ainult osas neist. Teiseks jääb ebaselgeks, kas kahe rõhu all on silmas peetud kahte pearõhku samas sõnas (kaasrõhke sõnaraamat ei käsitle) või sama sõna kahte rõhuvarianti, millest ühes on pearõhk esisilbil ja teises grammatiliselt rõhulisel silbil. Üldtunnustatud põhimõtte kohaselt ei saa sõnades esineda kaht pearõhku (Hayes 2011: 271), mistõttu võib lause mõjuda eksitavalt. Ühtlasi ei selgitata, mida üldse grammatilise rõhu all on mõeldud. Grammatilise rõhu mõistet on kirjanduses kasutatud harva, enamasti viitab see juhtumile, kus sõnarõhu paiknemine eristab sõnaliiki (inglise keele kohta nt Ladefoged & Johnson 2011: 23). Eesti keeles esineb rõhu paiknemisest tingitud tähenduserinevus väga väheste sõnade puhul ja tekstis toodud näited ei kuulu nende hulka, nii ei ole tõenäoline, et termin sellele viitab.

Veidi allpool on öeldud nii: “Rõhu asukohta ei ole märgitud kolme- ja neljasilbilistel võõrsõnadel, kus pearõhk on algselt olnud lõppsilbil, nt *adjut`an't*, *inval`iid*, *mandol`iin*, *imperat`iiv*. Nendes sõnades võib pearõhu panna kas esimesele või viimasele silbile.” Sellest sõnastusest võib aru saada, et igas sõnas on siiski üks pearõhk, ja et esi- ja järgsilbirõhk on teatud tüüpi sõnadel alati võrdselt võimalikud.

EKI ühend sõnastiku hääldusmärkide kohta käivad selgitused lähtuvad eeldusest, et kasutaja juba teab, kus rõhk sõnas paikneb. Alustuseks öeldakse, et rõhku märgib akuut ´ silbituumaks oleva täishääliku ees. Edasi jätkatakse: “Kui rõhusilbis on pikk täishäälik, siis akuuti ei lisata: *ironiline*, *poetika*, *biomeetri-line*.” Samal ajal jäetakse ütlemata, et on olemas sõnu, kus on küll pikk täishäälik järgsilbis (nt *marmelaadi*, *mandariini*), aga see ei ole pearõhuline rõhusilp, sest pearõhk on neis sõnades esisilbil.

Samal moel eeldatakse kasutajalt eelteadmist rõhu paiknemise kohta kolmandavältelise järgsilbi puhul: “Kui rõhusilp on ühtlasi III vältes, siis rõhku eraldi ei märgita, vaid piisab vältemärgist: *ond`atra*.” Sellest sõnastusest võib jääda eksitav mulje, et rõhk langeb silbile, kus on III välde, aga paar lauset hiljem väidetakse, et tegelikult on rõhk kolmandavältelise järgsilbiga sõnades pigem esisilbil, kuigi võib olla ka järgsilbil. (EKI teatmik 2025) Sellised seletused eeldavad, et sõnastiku kasutaja juba teab, kas tegu on sõnaga, kus rõhk käib vältemärgi või pika vokaaliga koos (*ironiline*, *ond`atra* näide), või sõnaga, kus pearõhk on esimesele silbile nihkunud (*marmel`aad*, *presid`ent* näide).

Keeleõppijat selline märgendusviis ja selgitused pearõhu asukoha määramisel ei aita. Samuti satub segadusse hääldusmärke arvestav kõnesüntesaator, mis lähtub sõnastiku hääldusmärkidest ja samast reeglist, et pika vokaaliga või III vältes järgsilp saab pearõhu. Probleemid tekivad juba kõnesünteesi treenimisel, sest selliste reeglite tõttu satub treeningandmestikku sõnu, kus helifailis olev sõnarõhu paiknemine ja tekstifaili märgendus ei lange kokku ning süsteem ei pruugi suuta ära õppida, kus peaks sellistes sõnades paiknema pearõhk.

3. Sõnad, mille puhul rõhu märkimine ei pruugi langeda kokku tegeliku hääldusega

Pearõhu asukoht jääb segaseks sõnades, kus sõnastikud kasutavad järgsilbis III välte märki või on järgsilbis pikk vokaal. Need sõnad võib jagada kolme gruppi:

1. Omasõnad lõpuga *-ik*, *-ikkus*, *-kond*, *-elm*: nt *imel`ik*, *elan`ik*, *rahvast`ik*, *vajal`ikkus*, *elanikk`ond*, *kujut`elm*. Selles grupis olevad sõnad häälduvad kõik pearõhuga esisilbil olenemata sellest, et III välte märk koos EKI ühend sõnastiku hääldusmärkide seletustega võiks tingida ka pearõhu järgsilbis. ÕS 2018 räägib siiski rõhumärgi kasutusest ainult võõrsõnade kontekstis ega nimeta, kus asub pearõhk sarnase struktuuriga omasõnades.
2. Võõrsõnad, kus vältemärk või pikk vokaal asub teises silbis: nt *al`arm*, *id`ee*, *fanaatik*. Selles grupis häälduvad sõnad järgsilbirõhuga ehk selle grupi sõnades asub pearõhk seal, kus on vältemärk või pikk vokaal. Hääldus vastab enamasti märgendusele.
3. Võõrsõnad, kus vältemärk või pikk vokaal on kaugemal kui teises silbis. Selles grupis on sõnu, nt *audit`oorium*, *medits`iin*, *bakal`aureus*, *diagon`aal*, kus hääldus vastab märkidele ja pearõhk ongi järgsilbis, aga ka sõnu, nagu

labiür`int, kabin`et, terap`eut, refer`aat, marmelaadi, mida hääldatakse pigem pearõhuga esisilbil. Lisaks sõnadele, kus hääldustavas on pearõhk pigem kinnistunud kindlale silbile, on selles grupis arvatavasti sõnu, kus varieerumist on rohkem ja mõlemad variandid on võrdselt võimalikud.

Kui esimese ja teise grupi sõnades on pearõhu asukoht tegelikult teada, siis viimase grupi puhul pole selge, kas sõna pearõhk on esisilbil, järgsilbil või on võrdselt võimalik nii esi- kui ka järgsilbirõhk. Enamasti on tegu võõrsõnadega, mis lähte- või vahenduskeelest tulles on saanud järgsilbirõhu, aga mingitel põhjustel on mõnes sõnas rõhk nihkunud esisilbile. Võõrsõnade mugaemist uurinud Tiina Paeti (2022: 926–927) sõnul on pearõhu esisilbile nihkumine eesti keeles üsna üldine, aga ta mainib ka, et rõhu nihkumine on kohati ebaühtlane, erinedes kõnelejati ja sõnuti: mõnes sõnas on see nihkunud, mõnes mitte. Omaette küsimus on, mis on selle põhjus, et mõnes sõnas nihkub rõhk esisilbile ja mõnes mitte, kas see sõltub sõna sagedusest, lähtekeelest, sõna silpide arvust või häälikulisest koostisest. Rõhulise järgsilbi asukoht sõnas mängib kindlasti ka rolli, sest teise grupi sõnade puhul on näha, et teisel silbil paiknev rõhk ei ole esisilbile kandunud. Kuigi võib juhtuda, et see siiski toimub, aga rõhu nihkudes esisilbile muutub see ka kolmandavärteliseks (nt sõnades *k`ongr`es's, k`ompl`eks*) või on keelekorraldus koos rõhu liikumisega esisilbile muutnud ka järgsilbi struktuuri. Tiiu Erelt (2002: 39) on välja toonud, et sage tarvitus võib nihutada ettepoole ka kahesilbiliste sõnade rõhku, tuues näiteks *oktaav* → *oktav*, *sümptoom* → *sümptom*, *plataan* → *plataan*, *profiil* → *profiil*. Viimase näite puhul pole küll esisilbirõhuga kirja pilt 23 aastat hiljem kasutusse läinud: EKI ühendsõnastikust (2025) ja viimasest õigekeelsussõnaraamatust (ÕS 2025) *profiil* puudub üldse, varasemad õigekeelsussõnaraamatud ÕS 2013 ja ÕS 2018 on eelistatavaks sõnakujuks pidanud järgsilbirõhuga varianti *profiil*. Kolmandavärtelisele pearõhulisele taktile vahetult järgnev kaasarõhuline silp võib nõrgeneda ka omasõnades, nagu *ohklik*, tuues kaasa sõna muuttüübi muutumise (EG 2023: 74).

Vanemate laensõnade ortograafiast ja hääldusest ilmneb, et ka pearõhu nihkumisega kolmesilbiliste sõnade viimaselt silbilt esimesele võib kaasneda sõna prosoodilise struktuuri muutumine ehk kahetaktilise struktuuri asendumine ühe taktiga, nt *apelsin*.

Kui vaadata, kuidas sõnarõhu asukoht varieerub kolmanda grupi sõnadel kõnelejati, siis Erelt rõhutab vanuse aspekti ja toob välja, et kui eesti keele kõnelejate keskmine ja noorem põlvkond hääldab paljusid kolmesilbilisi võõrsõnu (*analüüs, horisont, optimist, püramiid, vitamiin*) pearõhuga esimesel silbil, siis vanemale põlvkonnale on omasem kolmanda silbi pearõhk (Erelt 2002: 38). Osaliselt kajastub see ka kirja pildi muutustes: nt 2022. aastast alates on Emakeele Seltsi keeleteoimkonna otsusega *polügooni* kõrvale norminguna fikseeritud ka esisilbirõhuga ja lühenenud lõpusilbiga *polügon* (ESKT 2022). Need väited justkui tõestaks, et ajas liigub pearõhk vähemalt teatud võõrsõnades esisilbile. Kuigi võib leida ka näiteid, kus rõhk ei ole võõrsõnas liikunud esisilbile, vaid vastupidi. Nt Paet toob näidetena välja sõnad *arbiiter, tsunami* ja *kebab*, mille paralleelvormid *arbiiter, tsunaami* ja *kebaab* on sõnastikku tekkinud hiljem. Siiski, nagu Paet ka ise *kebab*i kohta välja toob, pole nende puhul selgust, kas algset kuju hääldati üldse esisilbirõhuga või võeti hilisem paralleelvorm kasutusele just seetõttu, et tegelikus häälduses juba oligi rõhk järgsilbis (Paet 2022: 932).

Rõhu nihkumise suuna ja põhjuste üle selles artiklis pikemalt ei arutleta, meid huvitab eelkõige see, milline rõhu märkimise viis toetaks keeleõppijaid ja kõnesünteesi. Peale EKI sõnastike märgib sõnarõhku ka eesti keele morfoloogilise analüsaatori Vabamorfi³ (Kaalep & Vaino 2001) sõnastik, mis põhineb “Väikesel vormisõnastikul” (Viks 1992), aga selle erandiga, et seal on püütud lisaks märkida esisilbirõhku sõnades, kus järgsilbis on küll pikk vokaal või vältemärk, aga hääldustavas on sagedam esisilbirõhk.⁴ Selline vajadus on peamiselt tekkinud seetõttu, et Vabamorfi on kasutatud tekst-kõne-sünteesi grafeem-foneem teisenduses, et palatalisatsiooni, välde ja sõnarõhku tekstide helindamisel õigesti määrata, ning ainult “Väikese vormisõnastiku” reeglitest ei piisanud, et kõnesünteesi väljundis tuntumad võõrsõnad loomulikult kõlaksid.

Vabamorfi märgenduse tõttu on võimalik umbkaudu hinnata, millises vahekorras võiks olla järgsilbi ja esisilbi pearõhuga sõnu nende sõnade hulgas, kus järgsilbis on III välte märk või pikk vokaal. Kui liitsõnad ja väljendid välja jätta, siis Vabamorfi sõnastiku 12 065-st järgsilbis III välte märki või pikka vokaali sisaldavast lemmast oli rõhk esisilbile märgitud 2 057 lemmal. Sellest võib järeldada, et umbes 17% sellistest sõnadest võiks olla ka sõnastikes esisilbirõhuga.

4. Hääldusmärke arvestav üksiksõnade kõnesüntees

Tavaliselt kasutatakse tekst-kõne-sünteesi lausete või lausest suuremate üksuste helindamiseks. Suurem osa EKI-s loodud kõnesüntesaatoreid kasutab neil juhtudel rõhu, välte, palatalisatsiooni ja liitsõnapiiri märkimiseks Vabamorfi, kusjuures lausekontekst aitab ühestada neid parameetreid, mida ortograafias ei eristata. Mõnel juhul välte, palatalisatsiooni või rõhu ennustamisel Vabamorf eksib, aga üldjuhul see ei sega kõnest arusaamist. Sellise süsteemi kõrval on tekkinud vajadus kõnesüntesaatori järele, kus oleks võimalik sisendis täpsemalt määrata, kuidas sõna peaks hääldama, ning mis suudaks lugeda ka üksiksõnu, kus kontekstita pole võimalik palatalisatsiooni- ja vältevastandusi (v.a klusiilide puhul) tekitada.

Hääldusmärke arvestavat kõnesünteesi vajavad näiteks sõnastikud (EKI ühend-sõnastikus on kõnesüntees juba kasutust leidnud), keeleõpperakendused, näiteks EKI hääldusharjutused⁵, kõneteraapia keskkonnad, näiteks Kõneravi⁶ jne. Need on rakendused, mis nõuavad peale loomuliku prosoodia ka sünteesitud sõnade korrektselt hääldust. Kuna isoleeritult hääldatud sõnade prosoodia erineb lausekontekstis esinevate sõnade prosoodiast, peavad treeningandmed sisaldama piisavas koguses eraldi lausungitena hääldatud sõnu, et süsteem suudaks genereerida isoleeritud sõnu loomuliku prosoodiaga. Teiseks peab süsteemi treenimisel kasutama ortograafilise transkriptsiooni asemel hääldusmärkidega transkriptsiooni, et hiljem oleks sisendis samuti võimalik eristada neid hääldusaspekte, mida ortograafia ei erista.

Kasutasime hääldusmärke arvestava üksiksõnade kõnesünteesimudeli treenimiseks “Eesti keele põhisõnavara sõnastiku” (Kallas jt 2019) helindamiseks mõeldud salvestusi, mis on korrastatud Eva üksiksõnade korpuseks⁷. Naishäälega on sisse loetud sagedamate sõnade kolm esimest sõnavormi, iga vorm eraldi lausungina ja eraldi helifailina. Kokku on selles korpuses 31 215 eri sõnavormi, helifailide

³ <https://github.com/Filosoft/vabamorf/tree/master> <https://github.com/Filosoft/vabamorf/tree/master>(30.9.2025).

⁴ Esisilbirõhk on lisatud sõnadele kirjetes esinevate mustrite põhjal. Heiki-Jaan Kaalep, suuline teade (4.9.2025).

⁵ <https://sonaveeb.ee/pronunciation-exercises/#/> (30.9.2025).

⁶ <https://koneravi.ee/> (30.9.2025).

⁷ Korpus kättesaadav: https://koneveeb.ee/korpused/#eva_yksiksõnad (eva_yksiksõnad_1, eva_yksiksõnad_2) (30.9.2025).

kogukestusega 10 h 36 min. Helifailidele vastavates tekstifailides on märgendatud palatalisatsioon, III välde, ebareeglipärane rõhk ja liitsõnapiir samal moel, nagu EKI sõnastikes on tavaks olnud. Sellise materjali pealt treeniti Merlini kõnesünteesitööriistu kasutades (Wu jt 2016) hääldusmärke arvestav eesti keele üksiksõnade süntees (Mihkla 2025). Sel viisil treenitud süntesaator suudab jäljendada üksiksõnade prosoodiat, võimaldab sõnade hääldust korrigeerida (lisades või ära jättes hääldusmärke) ja helindada minimaalpaare, mida ortograafia ei erista (vt joonis 1).⁸

ÜKSIKSÕNADE SÜNTEES

Sisesta sõna KOOS MÄRKIDEGA:

- < kolmandavärtelise silbi täishääliku ees (k<oeri, kub<ism)
- ? ebaregulaarne rõhk rõhulise silbi vokaali ees (rak?etiga, kr<eekl?anna)
-] palataliseeritud kaashääliku (l, n, s, t, d) järel (p<a]k, k<õ]lama)
- _ liitsõnapiir (rõdu_<uks)

Kui tunnete EKI sõnastike märke paremini kui Vabamorfi märke, siis kasutage ` ` +

Sisesta sõna

sõnad	kuula
al<arm	
imel<ik	
id<ee	
romant<ism	
presid<ent	
presid?endi	

Joonis 1. Hääldusmärke arvestava üksiksõnade süntesaatori veebirakendus

Sünteesiväljundi kvaliteet sõltub sageli sellest, kas korpuses on piisavalt materjali, millelt masinõppesüsteem saaks nt rõhu, välte või palatalisatsiooni esinemist õppida. Vaatasime ja kuulasime üle, kus paikneb meie treeningandmete lemmades pearõhk. Tabelist 1 on näha, et 9 370 liitsõna lemmast oli esisilbirõhuga 8 314 ja järgsilbirõhuga 993 lemmat.

116 ⁸ Hääldusmärke arvestavat üksiksõnade kõnesünteesi on võimalik proovida siin: <https://elo.eki.ee/mfsona/> (30.9.2025).

Tabel 1. Rõhu paiknemine treeningkorpuse lihtlemmades (hallil taustal on lemmad, mille puhul EKI sõnastike märgendus ei võimalda eristada esi- ja järgsilbirõhuga sõnu)

Lihtlemma tüüp		Esisilbirõhk	Järgsilbirõhk	Kokku
Järgsilbis on III v märk või pikk vokaal	1. Omasõnad lõpuga <i>-ik, -ikkus, -kond, -elm</i>	148	0	148
	2. III v / pikk vokaal on teises silbis	0	488 <i>nt apl' aus, fanaatik</i>	488
	3. Muud	179 <i>nt horis'on't, marmelaadi</i>	481 <i>nt avokaado, digit'aalne</i>	660
Rõhumärk järgsilbis ilma III v märgita / pika vokaalita		0	24 <i>nt motsar'ella, alp'aka</i>	24
Muud lemmad		7987	0	7987
Kokku lihtsõna lemmasid		8314	993	9307

See tähendab, et eesti keeles tavaline esisilbirõhk esines 89% ja järgsilbirõhk 11% treeningkorpuses olevatel lemmadel. Kui arvestada juurde sõnavormid (iga muutuva lemma puhul loeti sisse kolm põhivormi), siis oli korpuses 2 995 järgsilbirõhuga sõna. See on rohkem kui piisav hulk masinõppe treenimiseks, aga seda juhul, kui sõnade märgendus vastab ka helifailis olevale hääldusele. Tabelis on hallil taustal esitatud lemmade hulk, kus järgsilbis on III välte märk või pikk vokaal kaugemal kui teises silbis. Kui 481 lemma märgendus vastab hääldusele, siis 179 lemmat peaks märgenduse ja reeglite järgi olema järgsilbirõhuga, aga on korpuses hääldatud esisilbirõhuga. Seetõttu uurisime, kuidas kõnesüntees sõnarõhu genereerimisega hakkama saab ja kuidas treeningandmestiku märgendust häälduspärasemaks muuta.

5. Kõnesünteesiväljundi hindamine

Sünteesiväljundi hindamisel võtsime kriteeriumiks, et süntesaatori väljundis peaks sõna pearõhk olema samas silbis kui inimese hääldatud näites. Inimhäälduse etalonina kasutasime sõnastike helindamiseks salvestatud sõnu.

Kuna üksiksõnade süntesaatoril ei paistnud olevat raskusi sõnarõhuga ei esimese ega teise grupi sõnade hääldamisel (vt ptk 3), siis keskendusime kõnesünteesiväljundi hindamisel kolmanda grupi sõnadele ehk sõnadele, kus järgsilbis on III välte märk või pikk vokaal kaugemal kui teises silbis. Võtsime Eva üksiksõnade kõnekorpusest juhusliku valiku seda tüüpi sõnadest ja lasime ekspertidel neis määrata kuuldeliselt sõna pearõhu asukohta, et oleks ühine arusaam, millega süntesaatorite väljundit võrrelda. Kasutasime viit eksperti, kel oli sõnarõhu määramise kogemus. Tulemuste põhjal jagasime sõnad kaheks olenevalt sellest, kuidas inimene neid kõnekorpuses oli hääldanud.

1. Sõnad (13), mida inimene hääldas ekspertide hinnangute põhjal pearõhuga järgsilbil: *biennaal, diagonaal, filiaal, gladiool, heroiin, ideaal, idioot, kokaiin, meditsiin, prefektuur, proteiin, stjuardess, variant*.
2. Sõnad (36), mida inimene hääldas ekspertide hinnangute põhjal pearõhuga esisilbil: *advokaat, agentuur, analüüs, bioloog, delegaat, episood, filosoof, geoloog, horisont, horoskoop, indiviid, instituut, kabinet, katastroof, kombinatsioon, kompliment, labürint, limonaad, mandariin, marmelaad, nominatiiv, objektiiv, paradiis, parasiit, patsient, pedagoog, referaat,*

resultaat, režissöör, sortiment, sotsioloog, šokolaad, terapeut, trajektoor, trikotaaz, vundament.

Sünteesisime need sõnad kolme kõnesüntesaatoriga ja palusime ekspertidel määrata pearõhu paiknemise ka sünteesnäidetel: kas see on esisilbil, järgsilbil või rõhutatakse mõlemat silpi. Pearõhu asukohta üle otsustasime domineeriva arvamuse põhjal (Tausczik & Pennebaker 2009). Domineerivaks arvamuseks loeti see, kui vähemalt kolm eksperti viiest olid samal arvamusel. Kui ükski arvamus ei domineerinud, näiteks kaks eksperti olid määranud rõhu esisilbile, kaks järgsilbile ja üks mõlemale, loeti rõhu asukoht ebaselgeks (vt tabel 3). Rühmasisese korrelatsioonikordaja (ICC3; vt Shrout & Fleiss 1979) põhjal hinnati eksperthindajate kooskõla sõnade rõhuasendi määramisel (vt tabel 4).

5.1. Sõnarõhk süntesaatori esimese variandi treenimisel ja väljundis

Häälde märke arvestava süntesaatori esmasel treenimisel lähtuti rõhu määramisel EKI sõnastike märgendusest (vt tabel 2 ja 3 teine veerg) ja sarnasest eeldusest, et pika vokaali ja III välte märgiga kaasneb pearõhk. Sõnas on ainult üks pearõhk ja see määratakse vastavas järjekorras:

- kui sõnas on rõhumärk, siis on pearõhk sellel silbil: *all'ergiline*;
- kui sõnas on pikk vokaal või vältemärk, siis on pearõhk sellel silbil: *marmelaadi, vari`an't, horis`on't*;
- ülejäänutel on esimene silp pearõhuline: *koera*.

Edasi määrati reeglina kaasrõhulised silbid, nii et rõhutud ja rõhulised silbid vahelduksid (v.a kolmesilbilises jalas, kus pearõhulisele silbile võivad järgneda ka kaks rõhutut silpi). Sünteesi väljundis, sh hindamiseks sünteesitud sõnade märgendamisel kasutati traditsioonilist EKI sõnastike märgendust.

Ekspertide antud hinnangutest selgus, et I süntesaator saab hästi hakkama sõnadega, kus inimhäälde on rõhk järgsilbil (vt tabel 2). 13 sõna hulgast on ainult *variant* sõna, millel süntesaatori häälde hälbib inimehääldeest ja mille kohta eksperdid on ühiselt leidnud, et süntesaator rõhutab nii esi- kui ka järgsilpi.

Tabel 2. Inimese järgsilbirõhuga hääldatud sõnade tajutav rõhu asukoht eri süntesaatorite väljundis (hallil taustal sõnad, milles rõhu asukoht ei lange kokku inimehääldega)

Sisendi märgendus	I süntesaator	Sisendi märgendus	II süntesaator	III süntesaator
1. <i>bienn`aal</i>	järgsilbil	<i>bienn`aal</i>	järgsilbil	järgsilbil
2. <i>diagon`aal</i>	järgsilbil	<i>diagon`aal</i>	järgsilbil	järgsilbil
3. <i>fili`aal</i>	järgsilbil	<i>fili`aal</i>	järgsilbil	järgsilbil
4. <i>gladi`ool</i>	järgsilbil	<i>gladi`ool</i>	järgsilbil	järgsilbil
5. <i>hero`iin</i>	järgsilbil	<i>hero`iin</i>	järgsilbil	järgsilbil
6. <i>ide`aal</i>	järgsilbil	<i>ide`aal</i>	järgsilbil	järgsilbil
7. <i>idi`oot</i>	järgsilbil	<i>idi`oot</i>	järgsilbil	järgsilbil
8. <i>koka`iin</i>	järgsilbil	<i>koka`iin</i>	järgsilbil	järgsilbil
9. <i>medits`iin</i>	järgsilbil	<i>medits`iin</i>	järgsilbil	järgsilbil
10. <i>prefekt`uur</i>	järgsilbil	<i>prefekt`uur</i>	järgsilbil	järgsilbil
11. <i>prote`iin</i>	järgsilbil	<i>prote`iin</i>	järgsilbil	järgsilbil
12. <i>stjuard`ess</i>	järgsilbil	<i>stjuard`ess</i>	järgsilbil	järgsilbil
13. <i>vari`an't</i>	esi- ja järgsilbil	<i>vari`an't</i>	järgsilbil	järgsilbil

Tabel 3. Inimese esisilbirõhuga hääldatud sõnade tajutav rõhu asukoht eri süntesaatorite väljundis (hallil taustal sõnad, milles rõhu asukoht ei lange kokku inimkõnega; ? tähistab sõna, mille hinnangutes ei tekkinud domineerivat arvamust)

Sisendi märgendus	I süntesaator	II süntesaator	III süntesaator
1. <i>filos`oof</i>	esisilbil	esisilbil	esisilbil
2. <i>horis`on't</i>	esisilbil	esisilbil	esisilbil
3. <i>horosk`oop</i>	esisilbil	esisilbil	esisilbil
4. <i>indiv`iid</i>	esisilbil	esisilbil	esisilbil
5. <i>instit`uut</i>	esisilbil	esisilbil	esisilbil
6. <i>kabin`et'</i>	esisilbil	esisilbil	esisilbil
7. <i>komplim`en't</i>	esisilbil	esisilbil	esisilbil
8. <i>objekt`iiv</i>	esisilbil	esisilbil	esisilbil
9. <i>paras`iit</i>	esisilbil	esisilbil	esisilbil
10. <i>pat'si`en't</i>	esisilbil	esisilbil	esisilbil
11. <i>sortim`en't</i>	esisilbil	esisilbil	esisilbil
12. <i>deleg`aat</i>	esisilbil	esisilbil	esi- ja järgsilbil
13. <i>b`iol`oog</i>	järgsilbil	esisilbil	esi- ja järgsilbil
14. <i>g`eol`oog</i>	järgsilbil	esisilbil	esi- ja järgsilbil
15. <i>labür`in't</i>	järgsilbil	esisilbil	esisilbil
16. <i>refer`aat</i>	järgsilbil	esisilbil	esi- ja järgsilbil
17. <i>šokol`aad</i>	järgsilbil	esisilbil	esi- ja järgsilbil
18. <i>advok`aat</i>	esi- ja järgsilbil	esisilbil	esisilbil
19. <i>agent`uur</i>	esi- ja järgsilbil	esisilbil	esi- ja järgsilbil
20. <i>anal`üüs</i>	esi- ja järgsilbil	esisilbil	esisilbil
21. <i>epis`ood</i>	esi- ja järgsilbil	esisilbil	esisilbil
22. <i>katastr`oof</i>	esi- ja järgsilbil	esisilbil	esi- ja järgsilbil
23. <i>kombin`aat</i>	esi- ja järgsilbil	esisilbil	esi- ja järgsilbil
24. <i>limon`aad</i>	esi- ja järgsilbil	esisilbil	?
25. <i>mandar`iin</i>	esi- ja järgsilbil	esisilbil	esisilbil
26. <i>marmel`aad</i>	esi- ja järgsilbil	esisilbil	esisilbil
27. <i>nominat`iiv</i>	esi- ja järgsilbil	esisilbil	esisilbil
28. <i>parad`iis</i>	esi- ja järgsilbil	esisilbil	esisilbil
29. <i>pedag`oog</i>	esi- ja järgsilbil	esisilbil	esisilbil
30. <i>result`aat</i>	esi- ja järgsilbil	esisilbil	esisilbil
31. <i>režiss`öör</i>	esi- ja järgsilbil	esisilbil	esi- ja järgsilbil
32. <i>sotsiol`oog</i>	esi- ja järgsilbil	esisilbil	esisilbil
33. <i>terap`eut</i>	esi- ja järgsilbil	esisilbil	esisilbil
34. <i>trajekt`oor</i>	esi- ja järgsilbil	esisilbil	?
35. <i>trikot`aaž</i>	esi- ja järgsilbil	esisilbil	esisilbil
36. <i>vundam`en't</i>	esi- ja järgsilbil	esisilbil	esisilbil

Süntesaatori väljundi hindamisel ilmnes kaks probleemi: 1) etalonandmestikus esisilbirõhuga hääldatud sõnad olid sünteesiväljundis järgsilbirõhuga ja 2) süntesaator rõhutas mõlemat silpi. Probleemid tulenesid eelkõige EKI sõnastike rõhumärgendusest ja vastavatest reeglitest, mis ei võimaldanud treeningkorpuses

ega sünteesisisendis eristada esisilbi- ja järgsilbirõhuga sõnu. Selle tulemusel ei suutnud masinõppesüsteem aru saada, kas rõhutada esisilpi, järgsilpi või mõlemaid.

5.2. Sõnarõhk süntesaatori teise ja kolmanda variandi treenimisel

Sünteesi kvaliteedi parandamiseks oli vaja muuta kõnekorpuse märgendus vastavaks tegelikule hääldusele. Selleks tuli loobuda vaikivast reeglist, et III välte märk või pikk vokaal järgsilbis tingib automaatselt ka pearõhu. Märgenduse parandamiseks kuulasime üle kõik korpuses olevad kolmanda grupi sõnad ja märgendasime pearõhu ainult neis sõnades, kus pearõhk langes järgsilbile. Nt *medits`iin* sai nii pearõhu kui vältemärgi, aga *marmel`aad* sai ainult vältemärgi. Seega eristati märgendusega esisilbirõhuga sõnad järgsilbirõhuga sõnadest nii treenimisel kui sisendis, ja kuigi esisilbirõhuga sõnade märgendus jäi samaks (vt sisendit tabelist 3), siis ei kaasne III välte märki või pika vokaaliga automaatselt pearõhku ja sellise märgendusega tähistatakse ainult esisilbirõhuga sõnu. Kui aga järgsilbis kaasneb III välte märki või pika vokaaliga pearõhk, siis on see eraldi märgendatud (vt sisendit tabeli 2 neljandast veerust). Meie lähenemine erines seega Vabamorfis kasutusel olevast märgendusest, kus rõhumärgiga on tähistatud esisilbirõhk sõnades, kus on järgsilbis III välte märk või pikk vokaal. Selline lähenemine oleks põhjustanud ebajärjekindluse esisilbirõhu märkimisel: esisilbirõhk on eesti keeles valdav ja seda ei ole tavaks eraldi märkida.

Uue märgendusega muutus ka süntesaatori rõhkude määramise reegel lihtsamaks. Sõnas on ainult üks pearõhk ja see määratakse vastavas järjekorras:

- kui sõnas on rõhumärk, siis on pearõhk sellel silbil: *all`ergiline*, *ide`aal*, *vari`an't*;
- ülejäänud sõnadel on pearõhuline esimene silp: *marmel`aad*, *horis`on't*.

Edasi määrati reeglina kaasarõhulised silbid, nii et rõhutud ja rõhulised silbid vahelduksid. II süntesaatori treenimisel jäi kehtima ka reegel, et kolmesilbilises jalas võib pearõhulisele silbile järgneda kaks rõhutut silpi, mis tingib selle, et rõhutuks võis osutada ka kolmandavältiline silp. Kuna teoorias ei saa kolmandavältiline silp olla rõhutu (vt nt Hint 1973, 1977), siis III süntesaatori treenimisel määrasime reeglina kõigile kolmandavältilistele silpidele vähemalt kaasarõhu. Seega mõlemad süntesaatorid treeniti küll samal materjalil, mis oli uutmoodi märgendatud, aga erinevad selle poolest, et II süntesaatoril jääb kolmesilbilistes sõnades viimane kolmandavältiline silp rõhutuks, aga III süntesaatoril saab kolmandavältiline silp igal juhul vähemalt kaasarõhu. Sünteesi väljundis, sh hindamiseks sünteesitud sõnade märgendamisel kasutati juba uut märgendust, kus sisendtekstis tuleb järgsilbis märkida rõhk kõigil juhtudel.

Tulemustest selgus, et inimese häälduses järgsilbirõhuga sõnu hääldasid nii II kui ka III süntesaator samuti järgsilbirõhuga (vt tabel 2). Ka sõna *variant*, mida I süntesaator hääldas erinevalt inimesest mõlemat silpi rõhutades, sai II ja III süntesaatori väljundites järgsilbirõhu.

II ja III süntesaatori erinevus tuleb välja just nende sõnade hääldamisel, mida inimene hääldab esisilbirõhuga. Kuigi mõlemad uut märgendust kasutavad süntesaatorid olid paremad kui I süntesaator (vt tabel 3), siis III süntesaator ei suutnud kõigis sõnades siiski inimhääldusele sarnast tulemust saavutada. Kui kõigis II süntesaatori hääldatud sõnades hinnati rõhk sarnaselt inimkõnele esisilbil paiknevaks,

siis III süntesaatori väljundi hindamisel ilmnes üheksa sõna puhul, et süntesaator rõhutas nii esi- kui järgsilpi, ja kahe sõna puhul ei tekkinud üldse domineerivat arvamust rõhu paiknemise kohta.

Seega võib kokkuvõttes öelda, et II süntesaator, mis uuritud kolmesilbilistes sõnades (vt tabel 3) määras vältemärki kandva järgsilbi rõhutuks, suutis sõnarõhu paiknemist paremini ennustada kui III süntesaator, mis määras kõigile vältemärki kandvatele mittepearõhulistele järgsilpidele kausrõhu.

5.3. Eksperthindajate hinnangute kooskõla

Rühmasisesse korrelatsioonikordaja (ICC3) põhjal hinnati eksperthindajate kooskõla sõnade rõhuasendi määramisel tajutesti neljas tingimuses (inimhäääl ja kolme süntesaatoriga sünteesitud hääled), vt tabel 4.

Tabel 4. Eksperthindajate hinnangute kooskõla sõnade rõhuasendi määramisel (ICC3); 1,00 tähistab täielikku kooskõla

Tingimus	ICC3	F(df ₁ , df ₂)	p	95% usaldusvahemik
Inimhäääl	1,00	8,3 × 10 ¹⁴ (48, 144)	< 0,0001	1,00–1,00
I sünteeshäääl	0,23	2,5 (48, 192)	< 0,0001	0,11–0,38
II sünteeshäääl	0,89	33,0 (48, 144)	< 0,0001	0,83–0,93
III sünteeshäääl	0,15	1,9 (48, 192)	0,0017	0,04–0,29

Inimhääle rõhkude määramisel oli ekspertidevaheline kooskõla täielik (ICC = 1,00; 95% CI 1,00–1,00), mis tähendab, et kõik eksperdid hindasid rõhu asukohta ühtemoodi. **I sünteeshääle** sõnarõhkude määramisel oli ekspertidevaheline kooskõla halb (ICC = 0,23; 95% CI 0,11–0,38), mis osutab hinnangute märkimisväärsele lahknevusele rõhu asukoha määramisel. **II sünteeshääle** puhul oli ekspertidevaheline kooskõla hea (ICC = 0,89; 95% CI 0,83–0,93), mis näitab, et ekspertide hinnangud rõhu asukohale olid selles sünteeshääles suurel määral kooskõlas. **III sünteeshääle** puhul oli kooskõla halb (ICC = 0,15; 95% CI 0,04–0,29), mis viitab sellele, et sõnarõhk ei olnud sünteeshääles üheselt tajutav ning ekspertide hinnangud erinesid märkimisväärselt.

Kõik tulemused olid statistiliselt olulised ($p < 0,01$), kuid ainult inimhääle ja II sünteeshääle sõnarõhkude määramisel saavutasid eksperdid sellise ühtsuse, mida võib pidada heaks või väga heaks (ICC > 0,75). See viitab, et rõhu paiknemine oli II sünteeshääles tajutav peaaegu sama järjekindlalt kui inimhääles.

I ja III sünteeshääle puhul oli ekspertide hinnangute varieeruvus suur, mis näitab, et rõhk polnud nendes sünteeshääletes piisavalt selgelt markeeritud või oli akustiline kontrast liiga nõrk või ebahütlane, et kõik hindajad tajusid rõhku samal silbil. Seega võib järeldada, et II sünteeshäääl on rõhuakustika seisukohalt kõige selgemini tajutav, sest ekspertide hinnangud rõhu asukohale olid selle puhul kõige suuremal määral kooskõlas.

6. Arutelu

Võrreldes EKI sõnastike praeguse märgendusega, võimaldab meie välja pakutud märgendus eristada esisilbirõhuga ja järgsilbirõhuga võõrsõnu. See tagab kõnesüntheesi treeningandmestiku täpsema märgenduse ja teksti ning heli vastavuse, mis omakorda parandab tunduvalt sünteesi kvaliteeti. Seda näitasid eksperthinnangud nii II süntesaatori kui ka III süntesaatori väljundile, mida hinnati inimhääldusele sarnasemaks kui I süntesaatori väljundit. Lisaks tekib sellist märgendusviisi kasutades võimalus määrata sünteesi sisendis, kas soovitakse rõhku esisilbile või järgsilbile, vana märgendust kasutades selline eristusvõimalus puudus. Muuhulgas saab tänu sellele süntesaatorit kasutada ka stiimulite loomiseks, et tajukatsetega uurida rõhu paiknemist sõnades.

Uus märgendus võimaldaks sõnastike kasutajale anda täpsemat infot pearõhu paiknemise kohta võõrsõnades. Lisaks muutuksid lühemaks, selgemaks ja täpsemaks ka EKI ühendsõnastiku ja ÕS-i rõhumärgi juurde käivad seletused. Tõenäoliselt on praegusel rõhu märkimise süsteemil kolm põhjust: traditsioon, sõnastikuruumi kokkuvõtteid ja selgusetus, millistes kolmanda grupi võõrsõnades on rõhk esi- ja millistel järgsilbil või kuidas märkida sõnastikus rõhku, kui mõlemad on võrdselt võimalikud. Viimast on siiski juba praegu võimalik märkida, sest *leedul(')anna* tüüpi puhul peetakse vajalikuks kasutada sulge rõhumärgi ümber, mis peaks markeerima kahesugust rõhutamisvõimalust. Ja kui varasemalt on ÕS-i koostajad võõrsõnade normingut laiendanud esisilbirõhuga variantide lisamisega, siis nüüdseks on otsustatud, et süstemaatiliselt rõhu esisilbile nihutamist ei jätkata, kui kasutusandmed seda ei toeta (Paet 2023: 77). Selleks et uut märgendussüsteemi sõnastikes rakendada, on vaja sõnarõhku vaatlusaluses sõnatüübis täpsemalt uurida.

Ootamatu tulemusena halvenes sünteesi kvaliteet, kui püüdsime viia süntesaatoris oleva kaasrõhu määramise reegli vastavusse eesti keeleteaduses valitseva arusaamaga, mille kohaselt III välde on ühesilbilise kõnetakti omadus ega saa seega olla rõhutu silbi omadus (EG 2023: 79). Võimalik, et esisilbirõhuga kolmesilbilisi sõnu, kus viimasel silbil on III välde märk või pikk vokaal, hääldatakse tegelikult kõnes pigem ühe kõnetaktina, mitte kahe kõnetaktina, millest esimene saab pearõhu ja on I, II või III vältes ja teine saab kaasrõhu ning on III vältes. Ühe kõnetaktina hääldumist toetab ka mõne sellise sõna kirja pildi muutumine, nt *apelsin*. Ka mõningate tuletusliidetega omasõnades, nt *õnnelik*, *nimestik*, on viimase silbi kaasrõhulisus varieeruv (EG 2023: 73). Ka on võimalik, et III välde märk ei näita alati fonoloogilist III välde, vaid annab hoopis infot sõna muutumise ehk morfoloogia kohta. Nt kolmesilbilistes sõnades nagu *šokolaad* on viimasel silbil III välde märk, et näidata käändumist *-laad*, *-laadi*, *-l`aadi*. Igal juhul ilmneb tulemustest vajadus täpsemalt uurida, millised muud prosoodilised muutused kaasnevad eesti keeles pearõhu liikumisega järgsilbilt esisilbile.

7. Kokkuvõtte ja edasised uurimisküsimused

Eesti keelt on kirjeldatud fikseeritud sõnarõhuga keelena, kus rõhk paikneb esisilbil. Senisest keelekirjeldusest ja põhjalikuma uurimise alt on välja jäänud küllalt arvukas sõnatüüp, mille puhul ei ole selge, kus rõhk asub, kas see on fikseeritud või varieeruv, millised tegurid rõhu asukohta mõjutavad ja kas rõhu asukoha muutumisega

kaasneb ka muid prosoodilisi muutusi. Need on võõrsõnad, kus sõnastikus on järgsilbis kolmanda välte märk või pikk vokaal. Käesolevas uurimuses pakkusime välja märgendussüsteemi, mis võimaldaks selliste sõnade rõhku sõnaraamatutes adekvaatselt kirjeldada, sh silmas pidades keeleõppijaid, ja kõnesüntesaatoriga helindada, ning treenisime hääldusmärke arvestava üksiksõnade süntesaatori uue versiooni, mis võimaldab sünteesida seda tüüpi sõnu soovitud rõhuga.

Selleks et uut märgendussüsteemi sõnastikes rakendada, on vaja sõnarõhku vaatlusaluses sõnatüübis põhjalikumalt uurida. Täpsemalt kavatsime uurida, kas sõnades, kus on järgsilbis III välde / pikk vokaal, on võrdselt võimalik nii esi- kui järgsilbirõhk või on rõhk fikseeritud kas esi- või järgsilbile, ning kui rõhk on fikseeritud, siis millistest teguritest sõltub, kas rõhk on esi- või järgsilbil. Lisaks ilmnes vajadus üksikasjalikult uurida ja modelleerida prosoodilisi muutusi, mis kaasnevad rõhu nihkumisega kolmandavälteisel või pika vokaaliga järgsilbilt esisilbile.

Viidatud kirjandus

- Asu, Eva Liina, Pärtel Lippus, Karl Pajusalu & Pire Teras. 2016. *Eesti keele hääldus* (Eesti keele varamu 2). Tartu: Tartu Ülikooli Kirjastus. <http://hdl.handle.net/10062/57960>
- EG 2023 = Metslang, Helle, Mati Erelt, Külli Habicht, Tiit Hennoste, Reet Kasik, Pire Teras, Annika Viht, Eva Liina Asu, Liina Lindström, Pärtel Lippus, Renate Pajusalu, Helen Plado, Andriela Rääbis & Ann Veismann. 2023. *Eesti grammatika*. Tartu: Tartu Ülikooli Kirjastus. <https://doi.org/10.12697/EG>
- EKI teatmik: *Eesti õigekeelsuskäsiraamat*. 2025. Peeter Päll (peatoim.), Tiina Paet & Margit Langemets (toim.). Peeter Päll, Maire Raadik, Margit Langemets, Tiina Leemets, Sirje Mäearu, Tiina Paet & Tuuli Rehema (koost.). Eesti Keele Instituut. <https://eki.ee/teatmik> (30.9.2025).
- EKI ühend sõnastik. 2025. Eesti Keele Instituut, Sõnaveeb. <https://sonaveeb.ee/> (30.9.2025).
- Erelt, Tiiu. 2002. *Eesti keelekorraldus*. Tallinn: Eesti Keele Sihtasutus.
- ESKT 2022 = *Emakeele Seltsi keeleteoimkonna otsus võõrsõnade kirjaipildi ja häälduse erinevuse ning tsitaatsõnade kohta (16.11.2022)*. https://www.emakeeleselts.ee/wp-content/uploads/2023/03/Keeleteoimkonna-v%C3%B5%C3%B5rs%C3%B5naotsus_16.11.2022_08.03.2023.pdf (12.10.2025).
- Hayes, Bruce. 2011. *Introductory phonology* (Blackwell Textbooks in Linguistics 23). Malden, MA & Oxford: Wiley-Blackwell.
- Hint, Mati. 1973. *Eesti keele sõnafonoloogia: Rõhusüsteemi fonoloogia ja morfofonoloogia põhiprobleemid*. Tallinn: Eesti NSV Teaduste Akadeemia Keele ja Kirjanduse Instituut.
- Hint, Mati. 1977. Ühesilbiliste sõnade vältest. *Keel ja Kirjandus* 19(5). 271–277.
- Kaalep, Heiki-Jaan & Tarmo Vaino. 2001. Complete morphological analysis in the linguist's toolbox. Anu Nurk, Tõnu Seilenthal & Triinu Palo (eds.), *Congressus Nonus Internationalis Fenno-Ugristarum, 7.–13.8.2000 Tartu. Pars V: Dissertationes sectionum: Linguistica II*, 9–16. Tartu: Eesti Fennougristide Komitee.
- Kallas, Jelena, Mai Tiits, Maria Tuulik, Kristina Koppel & Madis Jürviste. 2019. *Eesti keele põhisõnavara sõnastik*. 2., kohandatud veebiväljaanne. Tallinn: Eesti Keele Instituut. <https://arhiiv.eki.ee/dict/psv/> (30.09.2025).
- Kiissel, Indrek. 2024. *Merlinil põhinev üksiksõnade kõnesüntesaator*. https://github.com/ikiissel/mrln_et_iw (30.9.2025).
- Kiissel, Indrek, Liisi Piits, Heete Sahkai, Indrek Hein, Liis Ermus & Meelis Mihkla. 2025. Estonian isolated-word text-to-speech synthesiser. Richard Johansson & Sara Stymne (eds.), *Proceedings of the Joint 25th Nordic Conference on Computational Linguistics and 11th Baltic Conference on Human Language Technologies (NoDaLiDa/Baltic-HLT 2025)* (NEALT Proceedings Series 57), 302–306. Tartu: University of Tartu Library.

- Ladefoged, Peter & Keith Johnson. 2011. *A course in phonetics*. 6th edn. Boston: Cengage Learning.
- Mihkla, Meelis 2025. *Merlinil põhinevad eesti keele kõnesüntesaatorid üksiksõnadele ja lausetele*. https://github.com/keeleinstituut/mrln_et_light_efm (30.9.2025).
- Paet, Tiina. 2022. Võõrsõnade kuju normimise probleeme tänapäeva eesti keeles. *Keel ja Kirjandus* 64(10). 923–947. <https://doi.org/10.54013/kk778a3>
- Paet, Tiina. 2023. *Võõrainese kinnistumine eesti keeles: Keelekorralduslik ja leksikograafiline vaade* (Dissertationes philologiae estonicae Universitatis Tartuensis 51). Tartu: Tartu Ülikooli Kirjastus.
- Shrout, Patrick E. & Joseph L. Fleiss. 1979. Intraclass correlations: Uses in assessing rater reliability. *Psychological Bulletin* 86(2). 420–428. <https://doi.org/10.1037/0033-2909.86.2.420>
- Tausczik, Yla R. & James W. Pennebaker. 2009. The psychological meaning of words: LIWC and computerized text analysis methods. *Journal of Language and Social Psychology* 29(1). 24–54. <https://doi.org/10.1177/0261927X09351676>
- Viks, Ülle. 1992. *Väike vormisõnastik I: Sissejuhatus ja grammatika*. Tallinn: Eesti Teaduste Akadeemia Keele ja Kirjanduse Instituut.
- Wu, Zhizheng, Oliver Watts & Simon King. 2016. Merlin: An open source neural network speech synthesis system. *Proceedings of the 9th ISCA Workshop on Speech Synthesis (SSW9)*, 202–207. ISCA. <https://doi.org/10.21437/SSW.2016-33>
- ÕS 2013 = *Eesti õigekeelsussõnaraamat ÕS 2013*. 2013. Maire Raadik (toim.). Tiiu Erelt, Tiina Leemets, Sirje Mäearu & Maire Raadik (koost.). Eesti Keele Instituut. Tallinn: Eesti Keele Sihtasutus.
- ÕS 2018 = *Eesti õigekeelsussõnaraamat ÕS 2018*. 2018. Maire Raadik (toim.). Tiiu Erelt, Tiina Leemets, Sirje Mäearu, Maire Raadik (koost.). Eesti Keele Instituut. Tallinn: Eesti Keele Sihtasutus.
- ÕS 2025 = *Eesti õigekeelsussõnaraamat ÕS 2025*. 2025. Eesti Keele Instituut. Tallinn: EKSA.

LEXICOGRAPHIC MARKING OF ESTONIAN PRIMARY WORD STRESS AND ITS INFLUENCE ON TEXT-TO-SPEECH SYNTHESIS

**Liisi Piits, Heete Sahkai, Meelis Mihkla,
Indrek Hein, Hille Pajupuu, Liis Ermus**

Institute of the Estonian Language

Estonian has traditionally been described as a language with fixed primary word stress on the first syllable. However, there is a relatively large group of words that are described as having non-initial or variable primary stress but have not been studied in detail. These are loanwords that are described as containing a third quantity degree or a long vowel in a non-initial syllable.

The pronunciation marking system currently used in the dictionaries of the Institute of the Estonian Language does not allow distinguishing between words with initial, non-initial and variable primary stress within this group. This gap in the description of Estonian word stress creates problems for language learners as well as for the Estonian isolated-word text-to-speech synthesizer, which serves pedagogical and speech therapy purposes. The synthesizer was trained on sound files that had been recorded for the purpose of exemplifying the pronunciation of the headwords of the Combined Dictionary of the Institute of the Estonian Language, and the corresponding text files which used the dictionary's pronunciation marking system. Due to the above-mentioned gap in the dictionary's stress marking system, the training data contained mismatches between the text and sound files, which became evident in the synthesizer's output.

In this study, we proposed a new stress marking system that would allow this type of word stress to be described adequately in dictionaries and synthesized correctly by the isolated-word speech synthesizer. Using the new stress marking system, we trained a new version of the synthesizer which can generate this type of words with the desired stress placement.

In order to implement the new labeling system in dictionaries, the stress patterns of this particular group of words need to be studied in more detail.

Keywords: primary stress, speech synthesizer, dictionaries, stress marking symbols, Estonian

Liisi Piitsa (Eesti Keele Instituut) uurimisvaldkonnad hõlmavad sõnaprosoodiat, eesti keele fonoloogilist varieerumist ning kollokatsioonide uurimist.
Roosikrantsi 6, 10119 Tallinn, Estonia
liisi@eki.ee

Heete Sahkai (Eesti Keele Instituut) teadustöö keskendub eesti keele süntaksile ja konstruktsioonipõhisele grammatika kirjeldamisele. Tema uurimishuvid hõlmavad ka prosoodiat ja selle seoseid lauseehitusega.
Roosikrantsi 6, 10119 Tallinn, Estonia
heete.sahkai@eki.ee

Meelis Mihkla (Eesti Keele Instituut) uurimisvaldkonnad on seotud kõnesünteesi, kõneprosoodia ja kõneüksuste andmebaasidega.
Roosikrantsi 6, 10119 Tallinn, Estonia
meelis.mihkla@eki.ee

Indrek Hein (Eesti Keele Instituut) on keskendunud keeletehnoloogiliste rakenduste ja sõnastikusüsteemide arendamisele.
Roosikrantsi 6, 10119 Tallinn, Estonia
indrek.hein@eki.ee

Hille Pajupuu (Eesti Keele Instituut) uurimisvaldkond on arvutiparalingvistika, kõneakustika ja -taju.
Roosikrantsi 6, 10119 Tallinn, Estonia
hille.pajupuu@eki.ee

Liis Ermuse (Eesti Keele Instituut) uurimisvaldkonnad on seotud foneetika, fonoloogia ja eesti keele sulghäälikute varieerumisega.
Roosikrantsi 6, 10119 Tallinn, Estonia
liis.ermus@eki.ee