

INTENSIIVSUS, RÕHK JA VÄLDE EESTI KEELES

Heete Sakhai ja Meelis Mihkla

Eesti Keele Instituut

Ülevaade. Uurimuses vaadeldakse, kas ja millised intensiivsuse parameetrid eristavad eesti keeles (a) lauserõhutut, lauserõhulist ja emfaatilise lauserõhuga sõna, (b) sõnarõhulist ja -rõhutut silpi ning (c) kolme völdet, ning kas võimalikud korrelatsioonid on sõltumatud põhitoonist. Intensiivsuse parameetritest on vaatluse all sõnarõhulise silbi intensiivsuse tase, intensiivsuse ulatus sõnas ja intensiivsuse kontuur rõhulises silbis. Uurimuse tulemusena leiti, et lause tasandi tingimusi – lauserõhutut, lauserõhulist ja emfaatilise lauserõhuga sõna – eristab üksteisest rõhulise silbi intensiivsuse tase, mis on tugevalt seotud rõhulise silbi põhitoonitasemega. Sõna tasandi tingimusi – sõnarõhulist silpi ja välteastmeid – eristavad intensiivsuse parameetrid seevastu on põhitoonist sõltumatud. Sõnarõhulist silpi eristab rõhutust kõrgem intensiivsuse tase, ning välteastmeid eristavad intensiivsuse ulatus sõnas ja intensiivsusekontuur rõhulises silbis.

Märksõnad: eesti keel, välde, sõnarõhk, lauserõhk, emfaas, akustilised korrelaadid, intensiivsus, põhitoon

DOI: <https://doi.org/10.12697/jeful.2019.10.1.10>

1. Sissejuhatus

Käesoleva uurimuse eesmärk on vaadelda kolme prosoodilise kategooria akustilist avaldumist eesti keeles, täpsemalt seda, kas need kategooriad korreleeruvad intensiivsusega ehk akustilise energia hulgaga hääles. Vaatluse all olevad kategooriad on välde, sõnarõhk ja lauserõhk (kategooriate kohta vt Asu et al. 2016). Lauserõhu puhul vaatleme täpsemalt primaarset lauserõhku ehk lausele vastava prosoodilise fraasi viimast rõhku (Ladd 2008); vaatleme ka emfaatiliselt realiseeritud primaarset lauserõhku, mis signaliseerib kitsast fookust (Sakhai et al. 2015). Küsime, kas ja millised intensiivsuse parameetrid nende prosoodiliste kategooriatega korreleeruvad, ajendatuna eelkõige soovist tuua selgust küsimusse, kas intensiivsus korreleerub völdetega, nagu mõned varasemad tulemused viitavad.

Intensiivsus toimib paljudes keeltes sõna- ja lauserõhu akustilise korrelaadina (vt nt Lehiste 1970 ja van Heuven 2014). Ei ole siiski selge, kas intensiivsuse suurenemise näol on tegu rõhu sõltumatu korrelaadiga või põhitooni varieerumise kaasnähtusega, kuivõrd suurem glotisealne õhurõhk tingib nii intensiivsuse kui ka sageduse suurenemise (Lehiste 1970: 143–144 ja Ladefoged 2011: 250). Näiteks Sluijter ja van Heuven (1996a, 1996b) ning Ortega-Llebaria ja Prieto (2007) uurisid intensiivsust sõnarõhu korrelaadina vastavalt hollandi, Ameerika inglise ja hispaania keeles ning leidsid, et suurem intensiivsus signaalseerib sõnarõhulist silpi ainult tooniaktsendi olemasolul. Nad järeldasid, et intensiivsus korreleerub põhitooniga ja üksnes kaudselt sõnarõhuga. Teisalt järeldas Lehiste (1970:144), et põhitooni ja intensiivsust võib siiski pidada teatud määral teineteisest sõltumatuks. Uurides intensiivsust prosoodiliste kategooriate võimaliku korrelaadina, tuleb seega kontrollida, kas see eristab neid kategooriaid põhitoonist sõltumatult.

Intensiivsuse kõrval on sõnarõhu akustiliste korrelaatidena nimetatud kestust ja häälikukvaliteeti (nt Lehiste 1970 ja van Heuven 2014). Põhitoon on osutunud sõnarõhu korrelaadiks eelkõige uurimustes, kus sõnarõhku on uuritud tooniaktsenti kandvates sõnades; lauserõhututes sõnades võib küll esineda põhitooni varieerumist, kuid see on pigem vokaalide artikuleerimise kõrvalnähtus kui rõhu tunnus (van Heuven 2014). Keeltes, kus kestus ei ole kontrastiivne, on see tavaliselt tugevaim sõnarõhu akustiline korrelaat (nt Vogel et al. 2016). Eesti keeles on kestus kontrastiivne ning sõnarõhulise ja -rõhutu silbi kestussuhe välteti erinev, mistõttu suuremat kestust ei saa pidada automaatselt rõhulise silbi tunnuseks. Vokaalikvaliteet eristab eesti keeles rõhulist ja rõhutut silpi eelkõige spontaanses kõnes, kus rõhutu silbi vokaalid on tugevasti redutseeritud; redutseerimine varieerub siiski välteti ja vokaaliti, olles väikseim esmavältelistes sõnades ja /i/ puhul (Asu et al. 2016: 40–42, 128). Seega võib intensiivsust pidada eesti keeles oluliseks potentsiaal-seks sõnarõhu akustilise tunnuse kandidaadiks.

Fikseeritud ja mittekontrastiivse sõnarõhuga keelte puhul on siiski sageli leitud, et sõnarõhul ei ole neis keeltes tugevaid akustilisi korrelaate. Seda on leitud näiteks poola (Dogil 1999) ning türgi ja ungari keele puhul (Vogel et al. 2016). Akustilised tunnused võivad siiski olla tugevamad, kui keeles esineb reeglipärasest rõhust erandeid (Vogel et al. 2016). Ka eesti keele kohta on varasemates uurimustes leitud, et intensiivsus pigem ei ole tugev sõnarõhu korrelaat. Intensiivsust sõnarõhulise

ja sõnarõhutu silbi võimaliku eristajana eesti keeles on käsitletud mitmes uurimuses, kuid mitte sõltumatult lauserõhust ega tooniaktsendi olemasolust. Eek ja Meister (1997) leidsid, et esma- ja teisevärtelistes sõnades on rõhulise ja rõhutu silbi vokaali keskmine intensiivsus üsna sarnane, kuid kolmandavärtelistes sõnades on rõhutu vokaali intensiivsus kuni 10 dB madalam. Kalvik ja Mihkla (2010) leidsid, et esimeses vältes rõhulise ja rõhutu silbi vokaali keskmine intensiivsus ei erine, kuid teises vältes on erinevus 1–3 dB ja kolmandas vältes 2–3 dB. Asu ja Lipus (2018) leidsid sekundaarset sõnarõhku käsitlevas uurimuses (välteid eristamata), et silbi keskmine intensiivsus eristas primaarrõhulise jala rõhulist ja rõhutut silpi kõigist ülejäänud silpidest, kuid mitte üksteisest. Käesoleva uurimuse üks eesmärk on kontrollida, kas intensiivsus eristab sõnarõhulist ja -rõhutut silpi eri välte- ja lauserõhutingimustes.

Eelkirjeldatud tulemused viitavad võimalusele, et sõnarõhulise ja sõnarõhutu silbi intensiivsuse erinevust mõjutab sõna välde ning intensiivsus võib seega olla üks välte akustilisi korrelaate. Sama on täheldatud ka saami keeltes, kus on leitud, et rõhulise ja rõhutu silbi intensiivsuse vahe suureneb koos vältega (Türk et al. 2016). Väldet ja intensiivsust on seostatud veel teiselgi viisil. Nimelt on leitud, et sõnarõhulise silbi vokaali intensiivsuskurv erineb välteti, järgides üldjoontes põhitoonikurvi (Eek 1987). Teisalt järgib kõrgemate sageduste intensiivsuskurv sarnast kontuuri ka sosistatud kõnes, kus põhitoon puudub (Krull 2010). Käesolevas uurimuses kontrollime veel kord eri intensiivsuseparameetrite võimalikku korreleerumist väldega eri lauserõhutingimustes.

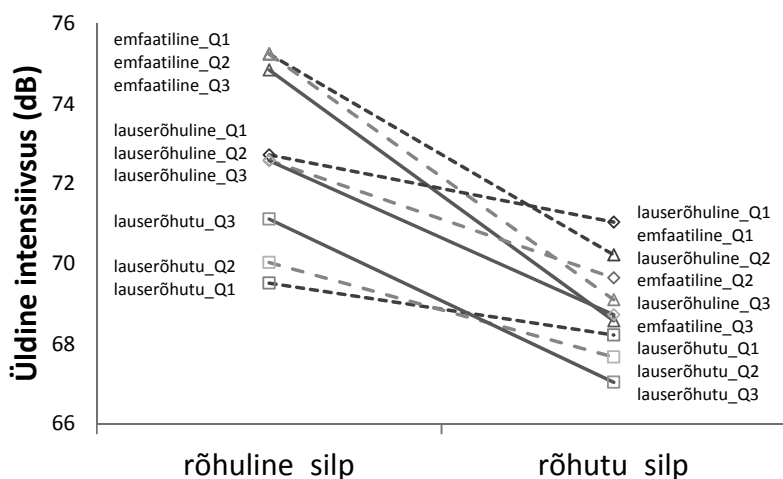
Kolmanda kategooriana sõnarõhu ja välte kõrval tuleb uurimuses vaatluse alla lauserõhk. Lauserõhku signaliseerivad peamiselt lauserõhuliste sõnade rõhuliste silpidega joonduvad tooniaktsendid, kuid eeldatavalt ka nõuanaamilised korrelaadid nagu kestus ja intensiivsus (Ladd 2008). Käesolev uurimus jätkab uurimust Sahkai ja Mihkla (2019), mille peamine eesmärk oli uurida intensiivsust lauserõhu korrelaadina ja lauserõhu võimalikku erinevat realiseerumist välteti. Uurimuse tulemusena leiti, et lauserõhutu, lauserõhuline ja emfaatilise lauserõhuga sõna erinesid üksteisest oluliselt rõhulise silbi keskmise intensiivsuse poolest, mis oli suurim emfaatilise lauserõhuga sõnas ja väikseim lauserõhutut sõnas; see tunnus avaldus kõigis väldetes sarnaselt. Emfaatilise lauserõhuga sõna eristas lisaks rõhulise silbi kõrgemale keskmisele intensiivsusele ka suurem intensiivsuse ulatus sõnas, st suurem sõnarõhulise ja -rõhutu silbi intensiivsuse vahe;

lauserõhutut ja mitteemfaatilise lauserõhuga sõna intensiivsuse ulatus sõnas üksteisest ei eristanud.

Uurimuse Sahkai ja Mihkla (2019) tulemused on relevantsete ka intensiivsuse kui sõnarõhu ja väldete võimaliku korrelaadi seisukohalt. Leiti, et intensiivsuse ulatus sõnas oli kõikides lauserõhu- ja vältetingimustes positiivne, st sõnarõhulise silbi intensiivsus oli sõnarõhutu silbi omast suurem ning seda ka lauserõhutus sõnas ehk tooniaktsendi puudumisel. Sealjuures leiti nagu varasemateski uurimustes, et sõnarõhulise ja -rõhutu silbi intensiivsuse vahe erineb välteti: kõigis rõhutingimustes oli intensiivsuse ulatus suurim kolmanda- ja väikseim esmavältelistes sõnades.

Kirjeldatud tulemused on kokku võetud joonisel 1 (mugandatud uurimusest Sahkai ja Mihkla 2019), mis kujutab sõnarõhulise silbi keskmist intensiivsust ja sõna intensiivsuse ulatust kolmes lauserõhu- ja kolmes vältetingimuses. Rõhulise silbi väärtus kajastab sõnarõhulise silbi keskmist intensiivsust igas lauserõhu- ja vältetingimuses; rõhutu silbi väärtuse saamiseks on rõhulise silbi väärtusest lahutatud keskmine sõna intensiivsuse ulatus (rõhulise ja rõhutu silbi keskmise intensiivsuse vahe) vastavas tingimuses. Rõhuliste ja rõhutute silpide intensiivsuse võrdlemine iga testsõna tasandil erineb eelpool kirjeldatud varasemate sõnarõhu-uurimuste meetodikast, kus rõhuliste ja rõhutute silpide intensiivsust võrreldi kogu andmestiku tasandil. Teine metodoloogiline erinevus eelkirjeldatud uurimustest on testsõna lauserõhulise/lauserõhutuse arvessevõtmine.

Jooniselt 1 võib näha, et rõhulise silbi keskmine intensiivsus on kõigis lauserõhutingimustes erinev: lauserõhutus sõnas 70–71 dB, lauserõhulises 73 dB ja emfaatilises 75 dB; välteti rõhulise silbi keskmine intensiivsus oluliselt ei erine. Emfaatilise lauserõhuga sõna on lisaks suurema intensiivsuse ulatusega kui lauserõhutu ja lauserõhuline sõna. Sõnarõhu osas on jooniselt 1 näha, et rõhulise silbi keskmine intensiivsus on alati suurem kui rõhutus silbis. Väldete osas on näha, et kõigis kolmes lauserõhutingimuses on intensiivsuse ulatus igas vältes erinev; näiteks lauserõhutus tingimuses on kolmandavältelise sõna intensiivsuse ulatus keskmiselt 4 dB, teisevältelises sõnas 2 dB ja esmavältelises 1 dB. Nii ulatused kui tingimustevahelised erinevused on suhteliselt väikesed, kuid statistiliselt olulised. Eri keeli käsitlevatest uurimustest ilmneb, et rõhuga korreleeruvad intensiivsuserinevused ongi tavaliselt väikesed (van Heuven 2014). Lehiste (1970: 121) andmetel on minimaalne tajutav intensiivsuserinevus 1 dB.



Joonis 1. Rõhulise silbi keskmine intensiivsus ja intensiivsuse ulatus sõnas kolmes lauserõhu- ja kolmes vältetingimuses. Sümbolid: □ = lauserõhutu sõna; ◇ = lauserõhuline sõna; Δ = emfaatilise lauserõhuga sõna; punktiirjoon = esmavälteline sõna; katkendjoon = teisevälteline sõna; pidevjoon = kolmandavälteline sõna.

Uurimuses Sahkai ja Mihkla (2019) püüti kontrollida ka intensiivsuse seost põhitooniga. Järeldati, et kolme lauserõhutingimust eristavat rõhulise silbi keskmist intensiivsust võib pidada põhitoonierinevuste kaasnähtuseks, kuid intensiivsuse ulatuse korreleerumist sõnarõhu ja vältetega võib pidada põhitoonist sõltumatuks.

Kokkuvõttes on varasemates uurimustes leitud, et intensiivsus korreleerub lauserõhu ja vältetega; sõnarõhu osas on tulemused erinevad. Samuti on leitud, et kui lauserõhu korrelaadina on intensiivsus seotud põhitooniga, siis sõnarõhu korrelaadina mitte; vältete osas on tulemused erinevad.

Käesoleva uurimuse eesmärk on seniseid tulemusi täpsustada. Otsime vastust järgmistele küsimustele:

1. Kas leiab kinnitust, et rõhulise silbi intensiivsuse tase eristab üksteisest lauserõhutut, lauserõhulist ja emfaatilise lauserõhuga sõna ning on seotud põhitooniga?
2. Kas leiab kinnitust, et intensiivsuse ulatus sõnas eristab sõltumatult põhitoonist sõnarõhulist ja -rõhutut silpi ja kolme vältet?

3. Kas leiab kinnitust, et rõhulise silbi intensiivsuskontuur eristab esimest ja teist vädet kolmandast, ning kas see korreleerub põhitooni-kontuuriga?

2. Andmestik ja meetod

Andmestik koosnes 18 kahesilbilisest sõnast, mis moodustasid kolm vokaalikeskset ja kolm konsonandikeskset vältekolmikut (tabel 1). Testsõnad olid paigutatud neljasõnalistesse lausetesse, kus nad paiknesid eelviimase kohal. Laused paluti ette lugeda üheksal keelejuhil (viis naist ja neli meest) vastuseks kolmele küsimusele, mis tingisid kolm erinevat infostruktuuri ja lauserõhutingimust: 1) lai fookus (testsõna kannab laia fookust signaliseerivat primaarset lauserõhku ja tooniaktsenti¹), 2) kitsas fookus testsõnal (testsõna kannab emfaatilist primaarset lauserõhku ja tooniaktsenti, mis signaliseerib kitsast fookust) ja 3) kitsas fookus lause esimesel sõnal (testsõna on lauserõhutu). Näiteks lause „Leena pani lina vanni“, kus testsõna on „lina“, loeti ette vastusena küsimustele „Mis toimub?“ (lai fookus), „Mille Leena vanni pani?“ (kitsas fookus testsõnal) ja „Kes pani lina vanni?“ (kitsas fookus lause esimesel sõnal). Materjal salvestati kondensaatormikrofoniga Neumann TLM 102 Eesti Keele Instituudi helistudios. Andmestik koosnes kokku 486 lausest. Segmenteerimine toimus poolautomaatselt, Tallinna Tehnikaülikooli foneetika ja kõnetehnoloogia laboratooriumi autosegmenteerijaga² automaatselt segmenteeritud kõnematerjali märgendus kontrolliti testsõnade osas käsitsi üle.

1 Testsõna oli alati sihitis ja testlausete neljas sõna resultatiivfraas (sihtkohamäärus või latiiivne seisundimäärus), mis on deaktsentueeritud (vrd nt Truckenbrodt 2006). Seetõttu langes primaarne lauserõhk laia fookuse korral sihitisele ehk testsõnale.

2 <https://phon.ioc.ee/dokuwiki/doku.php?id=projects:tuvastus:est-align.et>.

Tabel 1. Katses kasutatud testsõnad vältekateooriate ja -astmete kaupa.

Vokaalvärtelised			Konsonantvärtelised		
Q1	Q2	Q3	Q1	Q2	Q3
lina	Liina	vii:na	linu	linnu	lin:nu
vene	seene	vee:ne	nõme	Nõmme	nõm:me
valu	vaalu	vaa:lu	male	Malle	Mal:le

Uurimuses oli vaatluse all kolm intensiivsuse parameetrit: sõna-rõhulise silbi intensiivsuse tase, sõna intensiivsuse ulatus (rõhutu ja rõhulise silbi intensiivsustaseme vahe) ning intensiivsuse kontuur rõhulises silbis. Intensiivsuse taset mõõtsime testsõnade silbiriimides. Mõõtmised ja vastavad arvutused tehti Praat-keskkonnas (Boersma ja Weenink 2016).

Testsõna rõhulise silbi riimi intensiivsustaseme hindamiseks kasutasime kõnesignaali intensiivsuskontuuri normaliseeritud maksimume. Normaliseerimine toimus iga kõneleja igal testsõnal kolme lauserõhutingimuse lõikes. Selleks arvutasime konkreetse kõneleja konkreetse testsõna keskmise intensiivsuskontuuri maksimumi kolme lauserõhutingimuse lõikes ning lahutasime selle iga tingimuse maksimaalsest intensiivsusest. Kõnelejate ja sõnade kaupa normaliseeritud näitaja kasutamine tagab tulemuste parema võrreldavuse kui kogu andmestiku keskmine väärtus, sest intensiivsus varieerub olenevalt kõnelejast ja testsõnast.

Sõna intensiivsuse ulatuse näitajatena mõõtsime iga sõna rõhulise ja rõhutu silbi intensiivsuse vahe nii keskmise intensiivsuse kui ka maksimaalse intensiivsuse põhjal. Intensiivsuse ulatuse mõõtmine iga sõna tasandil tagas, et tulemust ei mõjutanud intensiivsuse võimalik kõikumine kõnelejati.

Rõhulise silbi intensiivsuskontuuri näitajana mõõtsime automaatselt määratud intensiivsuse maksimumi suhtelise asukohta rõhulises silbis. Asukoht määratleti protsendina silbi algusest.

Intensiivsust mõjutab ka sõna segmentaalne koostis (Lehiste 1970: 120–125). Käesolevas uurimuses ei mõjuta see asjaolu sõnarõhulises silbis mõõdetud väärtusi (intensiivsuse taset ja intensiivsuse maksimumi asukohta), sest neid võrreldi segmentaalselt identsetes tingimustes.

Intensiivsuse ulatus sõnas sõltub aga lisaks vaatluse all olnud tingimustele eeldatavasti ka rõhulise ja rõhutu silbi riimi häälikulisest koostisest, mis ei olnud enamikus testsõnades identne. Seetõttu kontrollisime intensiivsuse ulatuse analüüsil ka konkreetsete häälikute mõju.

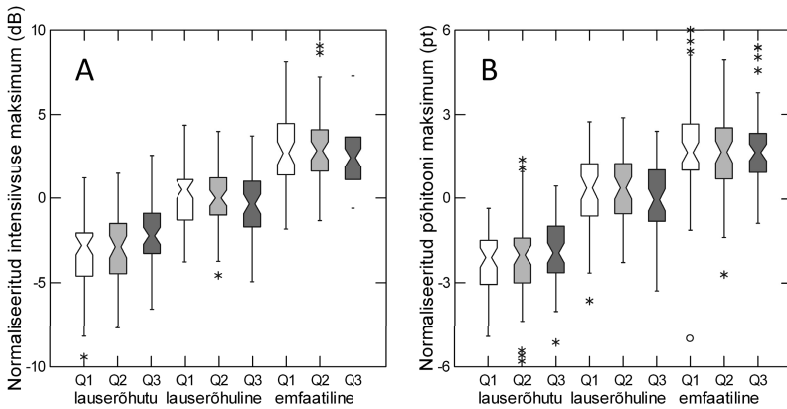
Et kontrollida intensiivsuse näitajate seost põhitooniga, võrdlesime neid põhitooni näitajatega. Põhitooni parameetrite arvutamine tehti sama meetodika alusel nagu intensiivsuse vastavate parameetrite korral. Vaatlesime, kas põhitooni näitajad eristavad samu tingimusi ning kas need korreleeruvad intensiivsuse näitajatega. Võrdlesime omavahel järgmisi intensiivsuse ja põhitooni näitajaid:

1. intensiivsuskontuuri normaliseeritud maksimum ja põhitooni-kontuuri normaliseeritud maksimum rõhulise silbi riimis. Põhitooni-kontuuri normaliseeritud maksimum arvutati samamoodi nagu vastav intensiivsuse näitaja;
2. rõhulise ja rõhutu silbi riimi keskmise ja maksimaalse intensiivsuse vahe ning silbiriimide keskmise ja maksimaalse põhitooni vahe;
3. automaatselt määratud intensiivsuse ja põhitooni harja suhteline asukoht rõhulises silbis.

Andmestikus on erinevat tüüpi tooniaktsendiga (H^*+L ja $H+L^*$) sõnu; aktsenditüüpi ei ole analüüsis arvesse võetud, sest põhitooni mõõtmiste eesmärk oli üksnes kontrollida intensiivsuse seost põhitooniga.

3. Tulemused

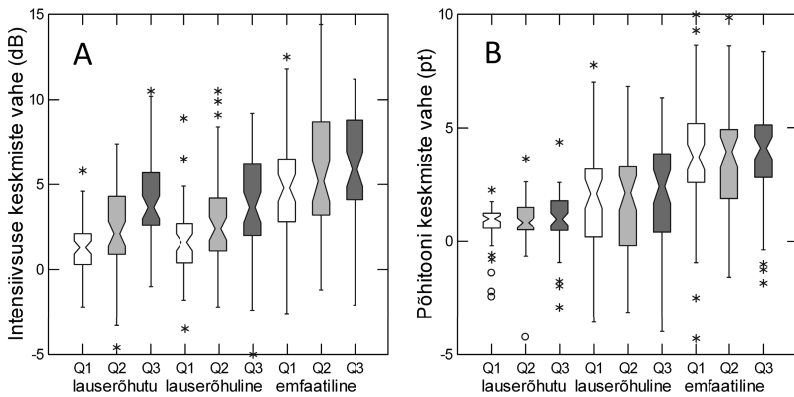
Esimene uurimisküsimus oli, kas rõhulise silbi intensiivsuse tase eristab kolme lauserõhutingimust ja korreleerub põhitooniga. Intensiivsuse taseme näitajana mõõtsime rõhulise silbi normaliseeritud intensiivsuse maksimumi. Et kontrollida selle sõltuvust põhitoonist, võrdlesime seda rõhulise silbi normaliseeritud põhitooni maksimumiga. Tulemused on esitatud joonisel 2.



Joonis 2. Sõnarõhulise silbi normaliseeritud intensiivsuse maksimum (A) ja normaliseeritud põhitooni maksimum (B) välte- ja lauserõhutingimuste kaupa.

Jooniselt 2 võib näha, et lauserõhutu, lauserõhuline ja emfaatilise lauserõhuga sõna erinesid oluliselt nii rõhulise silbi intensiivsuse kui ka põhitooni taseme poolest (vastavalt $F[2, 483] = 312,7; p < 0,001$ ja $F[2, 483] = 281,7; p < 0,001$). Rõhulise silbi normaliseeritud intensiivsuse maksimum korreleerus tugevalt põhitooni maksimumiga: $r = 0,794$. Väldete osas rõhulise silbi intensiivsuse ja põhitooni tasemel eristusvõime puudus: intensiivsuse puhul $F[2, 483] < 0,1$; ja $p = 0,998$ ning põhitooni puhul $F[2, 483] < 0,1$; $p = 0,989$.

Teiseks küsisime, kas intensiivsuse ulatus eristab sõltumatult põhitoonist sõnarõhulist ja sõnarõhutat silpi ja kolme väldet. Intensiivsuse ja põhitooni ulatust mõõtsime rõhulise ja rõhutu silbi keskmiste ja maksimumsete näitajate vahena. Tulemused on esitatud joonistel 3 ja 5.



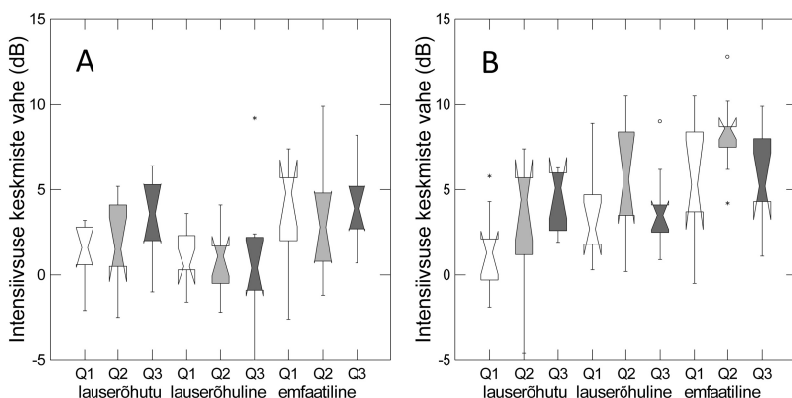
Joonis 3. Rõhulise ja rõhutu silbi keskmise intensiivsuse (A) ja keskmise põhitooni vahe (B) välte- ja rõhutingimuste kaupa.

Jooniselt 3 võib näha, et põhitooni keskmiste vahe oli oluliselt erinev kõigis lauserõhutingimustes ($F[2, 483] = 85,1; p < 0,001$). Ka keskmiste intensiivsuste vahe oli üldiselt statistiliselt oluline ($F[2, 483] = 53,5; p < 0,001$), kuid lauserõhutu ja lauserõhulist sõna see parameeter ei eristanud ($F[1, 322] = 0,7; p = 0,420$). Üksnes emfaatilise lauserõhuga sõna eristas nii suurem põhitooniulatus kui ka suurem intensiivsuseulatus.

Sõnarõhu osas võib näha, et nii sõna intensiivsuseulatus kui ka põhitooniulatus oli valdavalt positiivne, ehk sõnarõhuline silp oli valdavalt kõrgema intensiivsuse ja põhitooniga kui rõhutu.

Välteid eristas üksnes rõhulise ja rõhutu silbi keskmiste intensiivsuste vahe ($F[2, 483] = 15,5; p < 0,001$), kuid mitte põhitooni keskmiste vahe ($F[2, 483] = 0,2; p = 0,861$).

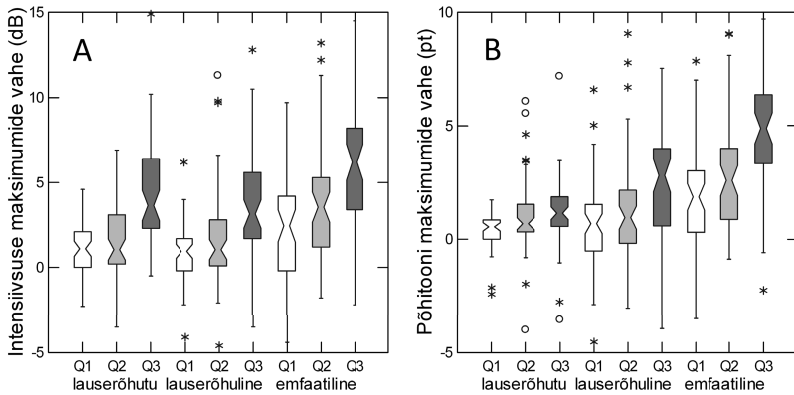
Et kontrollida rõhulise ja rõhutu silbi häälikulise koostise mõju intensiivsuse ulatusele, testisime seda segamudeli abil, kus intensiivsuse ulatuse fikseeritud mõjur oli välde ja juhuslik mõjur oli testsõnade rõhulise ja rõhutu silbi häälikute kombinatsioon. Tulemustest ilmnas, et segmentaalne koostis avaldas intensiivsuse ulatusele olulist mõju kahes sõnakolmikus, kus esimeses silbis oli madal ja teises kõrge vokaal või vastupidi (vastavalt /a/ ja /u/ ning /i/ ja /a/). Intensiivsuse ulatuse jaotus lauserõhu- ja vältetingimuste kaupa nendes testsõnades on esitatud joonisel 4.



Joonis 4. Sõnarõhulise ja -rõhutu silbi keskmise intensiivsuse vahe välte- ja rõhutingimuste kaupa testsõnades *lina*, *Liina* ja *vii:na* (A) ning *valu*, *vaalu* ja *vaa:lu* (B).

Sõnarõhulise ja -rõhutu silbi eristamise seisukohalt ilmneb jooniselt 4, et vokaalipaari /i-/a/ puhul oli andmestikus rohkem negatiivse intensiivsuse ulatusega testsõnu kui paari /a-/u/ korral, kuid mõlemal juhul oli ulatus siiski valdavalt positiivne, ehk rõhuline silp oli rõhustat kõrgema intensiivsusega olenemata konkreetsetest vokaalidest. Väldete osas esines koguandmestikus ilmnenud kolmetine eristus vaid lauserõhutus tingimuses. Erinevalt kogu andmestikul põhinevatest tulemustest joonisel 3 ilmnesid suuremad erinevused lauserõhutingimuste vahel. Kokkuvõttes võib öelda, et sõnarõhuline silp kaldus olema rõhustat suurema intensiivsusega olenemata sõna segmentaalsest koostisest, kuid erinevus väldete vahel ilmnis eelkõige juhul, kui mõlemas silbis oli sama või sarnase kõrgusega vokaal.

Joonisel 5 on kujutatud testsõnade intensiivsuse ja põhitooni ulatus maksimumide põhjal mõõdetuna.



Joonis 5. Rõhulise ja rõhutu silbi maksimaalse intensiivsuse (A) ja maksimaalse põhitooni vahe (B) välte- ja rõhutingimuste kaupa.

Joonistel 3 ja 5 kujutatud parameetrite jaotused olid küllalt sarnase iseloomuga, intensiivsuse keskmiste ja maksimumide vahede omavaheline korrelatsioon oli küllalt tugev ($r = 0,798$) ning väga tugev oli ka põhitooni keskmiste ja maksimumide vahede omavaheline korrelatsioon ($r = 0,812$).

Lauserõhutingimuste osas andis maksimumide vahe samasuguse tulemuse nagu keskmiste vahe. Intensiivsuse maksimumide vahe oli üleüldiselt statistiliselt oluline ($F[2, 483] = 21,8; p < 0,001$), kuid ei eristanud lauserõhutu ja lauserõhulist sõna ($F[1, 322] = 0,6; p = 0,459$). Põhitooni maksimumide vahe oli oluliselt erinev kõigis lauserõhutingimustes ($F[2, 483] = 40,9; p < 0,001$).

Ka sõnarõhu osas oli tulemus sama: sõnarõhuline silp oli kõigis tingimustes rõhutust suurema intensiivsuse ja põhitooniga, kusjuures intensiivsuste vahe oli erinevalt põhitooni ulatusest lauserõhutu ja lauserõhulises tingimuses ühesugune.

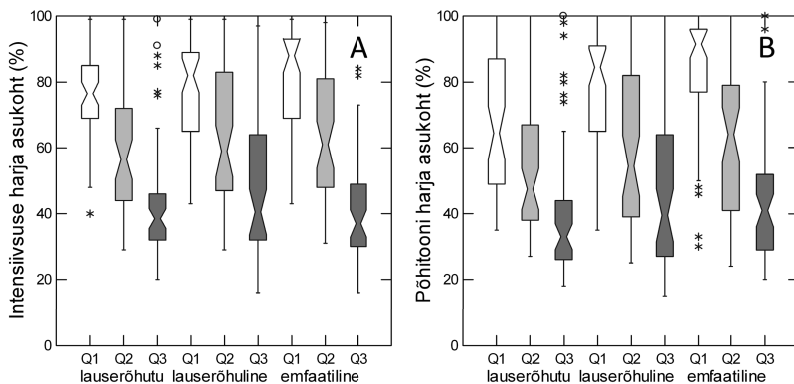
Väldete osas aga erines maksimumide põhjal saadud tulemus keskmiste põhjal saadust. Intensiivsuse ulatus eristas endiselt kõigis lauserõhutingimustes välteid ($F[2, 483] = 53,7; p < 0,001$), kuid sama kehtis ka maksimumide põhjal mõõdetud põhitooniulatuse kohta ($F[2, 483] = 22,5; p < 0,001$).

Kui võrrelda keskmiste ja maksimumide põhjal arvatud parameetrite eristusvõimet, siis intensiivsuse puhul oli käitumismuster sarnane

ja see eristus vaid F-statistikute väärtuse poolest, kuid põhitooni korral suutis maksimumide vahe eristada rõhutingimustele lisaks ka välteid.

Kokkuvõttes oli sõna intensiivsuse ulatus kui parameeter tervikuna põhitooni ulatusest vähemalt osaliselt sõltumatu, kuigi ka parameetri omavaheline korrelatsioon oli suhteliselt tugev: keskmiste puhul $r = 0,674$, maksimumide puhul $r = 0,679$.

Kolmas uurimisküsimus oli, kas rõhulise silbi intensiivsuse kontuur korreleerub põhitoonikontuuriga ning eristab esimest ja teist välde kolmandast. Kontuuri näitajana mõõtsime intensiivsuse ja põhitooni maksimumi suhtelist asukohta rõhulises silbis. Tulemused on esitatud joonisel 6. Tulemusi mõjutas asjaolu, et väärtused leiti automaatselt ning andmestik sisaldas eri tüüpi tooniaktsendiga sõnu.



Joonis 6. Automaatselt määratud intensiivsuse harja (A) vs. põhitooni harja (B) suhteline asukoht rõhulise silbi algusest lauserõhu- ja vältetingimuste kaupa.

Intensiivsuse maksimumi asukoht sõltus oluliselt vältest ($F[2, 483] = 147,4; p < 0,001$), kuid mitte lauserõhutingimusest ($F[2, 483] = 0,6; p = 0,572$). Esimese välte puhul paiknes intensiivsuse hari rõhulise silbi viimase veerandi alguses (78%), teise välte puhul silbi teise kolmandiku lõpus (62%) ja kolmandas vältes silbi esimese poole lõpus (44%). Põhitooni maksimumi asukoht sõltus ootuspäraselt samuti vältest ($F[2, 483] = 90,9; p < 0,001$). Harja suhtelised asukohad 1., 2. ja 3. vältes paiknesid vastavalt 76%, 59% ja 43% suhtühiku kaugusel rõhulise silbi algusest. Väiksemal olulisuse määral sõltus põhitooni harja asukoht ka lauserõhutingimusest ($F[2, 483] = 5,9; p = 0,003$), aga

seda vaid esmavälteiste testsõnade puhul ($F[2, 159] = 9,4; p < 0,001$); teises ja kolmandas vältes testsõnade põhitooniharja asukoht lauserõhutingimusest ei olenenud.

Intensiivsuse ja põhitooni maksimumi asukoha omavaheline korrelatsioon oli mõõdukas: $r = 0,584$.

4. Arutelu

Uurimuse eesmärk oli vaadelda, kas ja millised intensiivsuse parameetrid eristavad (a) lauserõhutut, lauserõhulist ja emfaatilise lauserõhuga sõna, (b) sõnarõhulist ja -rõhutut silpi ning (c) kolme vädet, ning kas võimalikud korrelatsioonid on sõltumatud põhitoonist. Parameetritest vaatlesime sõnarõhulise silbi intensiivsuse taset, intensiivsuse ulatust sõnas ja intensiivsuse kontuuri rõhulises silbis.

Esmalt otsisime kinnitust oletusele, et rõhulise silbi intensiivsuse tase eristab üksteisest lauserõhutut, lauserõhulist ja emfaatilise lauserõhuga sõna ning on seotud põhitooniga. Intensiivsuse taseme näitajana kasutatud normaliseeritud intensiivsusemaksimum rõhulise silbi riimis korreleerus tugevalt lauserõhukategooriatega ega erinenud välteti, st oli sõltumatu sõna prosoodilisest tüübist. Intensiivsuse tase korreleerus tugevalt põhitoonitasemega, mis eristas samuti tugevalt kolme lauserõhutingimust. Ülejäänud vaadeldud intensiivsuse parameetrid kõiki kolme lauserõhukategooriat ei eristanud, küll aga eristas neid vaadeldud põhitooniparameetritest ka põhitooniulatus. See viitab sellele, et lause tasandi kategooriate esmane korrelaat on põhitoon, samas kui intensiivsus ei ole lauserõhutingimuste korrelaadina iseseisev tunnus, vaid sõltub põhitoonist.

Teine uurimisküsimus oli, kas intensiivsuse ulatus sõnas eristab sõltumatult põhitoonist sõnarõhulist ja -rõhutut silpi ja kolme vädet. Tulemustest ilmnes, et nii keskmise kui maksimaalse intensiivsuse põhjal mõõdetud intensiivsuse ulatus sõnas oli lauserõhutut ja lauserõhulises tingimuses ühesugune. Kuivõrd põhitooniulatus oli neis kahes tingimuses oluliselt erinev, võib järeldada, et intensiivsuse ulatus on lauserõhu ja tooniaktsendi olemasolust vähemalt osaliselt sõltumatu parameeter. Intensiivsuse ulatus eristab siiski emfaatilist lauserõhku. Eelkõige aga võib intensiivsuse ulatust pidada sõna tasandi kategooriate, sõnarõhu ja välte korrelaadiks.

Intensiivsuse ulatust võib pidada sõnarõhu korreelaadiks, sest ulatus on valdavalt positiivne ehk sõnarõhuline silp on valdavalt suurema intensiivsusega kui rõhutu. See tulemus erineb mõningatest varasematest eesti keele sõnarõhu uurimustest, kus olulist intensiivsuseerinevust rõhulise ja rõhutu silbi vahel ei ole leitud (Asu ja Lippus 2018) või on leitud ainult mõnes vältetingimuses (Eek ja Meister 1997 ning Kalvik ja Mihkla 2010). Erinevus võib olla tingitud erinevast meetodikast, kuivõrd varasemates uurimustes ei ole rõhulise ja rõhutu silbi intensiivsust võrreldud üksikute sõnade tasandil ega lauserõhku arvesse võttes. Tulemus on mõnevõrra ootuspäratu ka varasemate fikseeritud sõnarõhuga keeli käsitlevate uurimuste taustal, mis ennustavad, et mittekontrastiivsel sõnarõhul pigem puuduvad akustilised korreelaadid. Tulemust võib seletada asjaolu, et eesti keeles on esisilbi rõhust siiski küllalt palju erandeid: erandite olemasolu on seostatud sõnarõhu tugevama signaalseerimisega (Vogel et al. 2016). Tulemus erineb ka uurimustest, kus on leitud, et intensiivsus eristab rõhulist ja rõhutu silpi üksnes tooniaktsendi olemasolul: uuritud andmestikus oli sõnarõhuline silp suurema intensiivsusega sõltumata sellest, kas sõna oli lauserõhuline (tooniaktsendiga) või mitte. Siiski oli andmestikus ka põhitooniulatus positiivne, ehk rõhuline silp oli valdavalt ka kõrgema põhitooniga. Sealjuures oli põhitooniulatus positiivne ka lauserõhututes (tooniaktsendita) sõnades. Võimalik, et nii intensiivsuse- kui põhitoonierinevused on seotud rõhutu silbi redutseerimisega.

Tulemused kinnitavad ka seda, et intensiivsuse ulatus erineb nii keskmiste kui maksimumide põhjal mõõdetuna oluliselt välteti, eelkõige juhul, kui sõnarõhuline ja -rõhutu silp on sarnase häälikulise koostisega. Välteid eristas ka põhitooniulatus, kuid üksnes maksimumide põhjal mõõdetuna. Kahe näitaja kokkuvõttes oli intensiivsuse ulatus põhitooniulatusest tugevam väldete korrelaat, eristades neid nii keskmiste kui maksimumide põhjal mõõdetuna ning olles ühesugune nii lauserõhutuses kui lauserõhulises sõnas. Seega võib järeldada, et intensiivsuseulatus välte korreelaadina on põhitoonist sõltumatu. Kuna sõnarõhulise silbi intensiivsus välteti ei erine, võib järeldada, et erinevus ulatuses tuleb rõhutu silbi erinevast intensiivsusest välteti. Sama täheldasid Eek ja Meister (1997): ka nende tulemustes erineb välteti rõhutu, aga mitte rõhulise silbi intensiivsus. Nende tulemustes eristus väiksema intensiivsusega kolmandavälteliste sõnade rõhutu silp, mida nad seostasid selle redutseeritusega.

Kolmas uurimisküsimus oli, kas rõhulise silbi intensiivsuskontuur eristab esimest ja teist vältet kolmandast, ning kas see korreleerub põhitoonikontuuriga. Kontuuri näitajana mõõtsime intensiivsuse ja põhitooni maksimumi suhtelist asukohta rõhulises silbis. Tulemusi mõjutas asjaolu, et maksimumid leiti automaatselt ning andmestik sisaldas eri tüüpi tooniaktsendiga sõnu.

Nii intensiivsusekontuur kui põhitoonikontuur eristasid kõigis lauserõhutingimustes kõiki kolme vältet, kuigi kahe näitaja korrelatsioon oli mõõdukas. Põhitooni maksimumi asukoht kattus üldjoontes varasemate uurimuste tulemustega. Näiteks Lippuse et al. (2013) spontaanse kõne kohta saadud tulemuste kohaselt asub põhitoonikontuuri pöördepunkt esimeses vältes jala keskel, täpsemalt teise silbi alguses; teises vältes asub pöördepunkt esimese silbi teises pooles ja kolmandas vältes esimese silbi esimeses pooles; viidatud uurimuses ei olnud esma- ja teisevälteliste sõnade erinevus statistiliselt oluline. Käesoleva uurimuse tulemustes paiknesid nii intensiivsuse kui põhitooni hari esmavältelistes sõnades rõhulise silbi viimase veerandi alguses, teisevältelistes sõnades rõhulise silbi teises pooles ja kolmandavältelistes sõnades rõhulise silbi esimeses pooles. Intensiivsuse ja põhitooni näitaja erinevus ilmnis ootuspäraselt kõige selgemini lauserõhutus tingimuses, kus vältete kattuvus on intensiivsuse näitaja osas veidi väiksem kui põhitooni näitaja osas. Ka F-statistiku väärtus on intensiivsuse näitajal veidi kõrgem. Huvitav on siiski asjaolu, et automaatselt määratud põhitooni maksimumi asukoht korreleerub vältetega ka tooniaktsendita tingimuses. Tulemuste täpsemaks tõlgendamiseks tuleks automaatselt määratud väärtused käsitsi üle kontrollida.

Varasemas kirjanduses on ühelt poolt eeldatud, et intensiivsuskurv järgib põhitoonikurvi (Eek 1987), teisalt aga on leitud, et intensiivsuse kontuur erineb välteti ka põhitooni puudumisel, täpsemalt sosistatud kõnes (Krull 2010). Käesoleva uurimuse tulemused viitavad võimalusele, et intensiivsusekontuur võib olla mingil määral põhitoonikontuurist sõltumatu, kuid täpsem vastus sellele küsimusele nõuab kontuuri käsitsi märgendamist.

Ootuspäraselt on nii intensiivsuse kui põhitooni maksimumi asukoht kolmandas vältes varaseim ja esimeses vältes hiliseim, kuid erinevalt hüpoteesist on eristus mõlema tunnuse järgi ternaarne, mitte binaarne. Ka intensiivsuse ja põhitooni ulatuse põhjal ilmnenu erinevused vältete vahel olid kolmetised.

Intensiivsuse jaotust sõnas ja rõhulises silbis võib kokkuvõttes pidada üheks täiendavaks välte akustiliseks korrelaadiks kestussuhete, põhitoonikontuuri ja vokaalikvaliteedi kõrval.

Kokkuvõttes võib öelda, et lause tasandi kategooriatega ehk lauserõhutingimustega korreleerus vaadeldud tunnustest eelkõige rõhulise silbi intensiivsuse tase ja seda võib pidada põhitoonitasemega seotuks. Seevastu sõnatasandi kategooriate, sõnarõhu ja vältega korreleeruvad intensiivsuse parameetrid – intensiivsuse ulatus ja kontuur – on põhitoonist vähemalt teataval määral sõltumatud. Samas on võimalik, et intensiivsuse ulatus on seotud rõhutu silbi redutseerimisega, mis on samuti välteti erinev. Intensiivsuse ulatus sõnarõhu korrelaadina ja intensiivsuse harja asukoht väldete eristajana võivad siiski eelkõige lauserõhulistes tingimustes põhitooniga interaktsioonis olla, sest samu kategooriaid eristavad ka põhitooni ulatus ja põhitooni maksimumi asukoht.

5. Kokkuvõte

Uurimuses vaadeldi, kas ja millised intensiivsuse parameetrid eristavad (a) lauserõhutut, lauserõhulist ja emfaatilise lauserõhuga sõna, (b) sõnarõhulist ja -rõhutut silpi ning (c) kolme väldet, ning kas võimalikud korrelatsioonid on sõltumatud põhitoonist. Intensiivsuse parameetritest olid vaatluse all on sõnarõhulise silbi intensiivsuse tase, intensiivsuse ulatus sõnas ja intensiivsuse kontuur rõhulises silbis.

Uurimuse tulemusena leiti, et lause tasandi tingimusi – lauserõhutut, lauserõhulist ja emfaatilise lauserõhuga sõna – eristas üksteisest rõhulise silbi intensiivsuse tase, mis on tugevalt seotud rõhulise silbi põhitoonitasemega.

Sõna tasandi tingimusi – sõnarõhulist silpi ja välteastmeid – eristavad intensiivsuse parameetrid seevastu olid põhitoonist sõltumatud.

Sõnarõhulist silpi eristas rõhutust kõrgem intensiivsuse tase. Rõhulise ja rõhutu silbi intensiivsuse vahet võib pidada põhitooniulatuses sõltumatuks, sest see on erinevalt viimasest lauserõhutut ja lauserõhulises tingimuses ühesugune. Teisalt võib intensiivsuse ulatus olla seotud rõhutu silbi redutseerimisega.

Välteastmeid eristasid intensiivsuse ulatus sõnas ja intensiivsusekontuur rõhulises silbis. Välteid eristasid ka põhitooniulatus ja põhitoonikontuur, kuid intensiivsusel põhinev eristus oli mõlemal juhul veidi tugevam. Huvitava tulemusena ilmnes, et automaatselt määratud põhitoonimaksimumi asukoht rõhulises silbis eristas välteid ka lauserõhutus tingimuses. Samuti oli ootuspäratu, et vaadeldud intensiivsuse- ja põhitooniparameetrite alusel ilmnenu eristus väldete vahel oli enamasti ternaarne, mitte binaarne.

Tänuavaldus

Artikli valmimist on toetanud Euroopa Liit Euroopa Regionaalarengu Fondi kaudu Eesti-uuringute tippkeskus, samuti on see seotud Eesti Haridus- ja Teadusministeeriumi uurimisprojektiga IUT35-1.

Aadressid:

Heete Sahkai
Eesti Keele Instituut
Roosikrantsi 6
10119 Tallinn, Eesti
E-mail: heete.sahkai@eki.ee

Meelis Mihkla
Eesti Keele Instituut
Roosikrantsi 6
10119 Tallinn, Eesti
E-mail: meelis.mihkla@eki.ee

Kirjandus

- Asu, Eva Liina ja Pärtel Lippus (2018) „Acoustic correlates of secondary stress in Estonian“. *Proceedings of the 9th International Conference on Speech Prosody 2018*, 602–606.
- Asu, Eva Liina, Pärtel Lippus, Karl Pajusalu ja Pire Teras (2016) *Eesti keele hääldus*. Tartu: Tartu Ülikooli Kirjastus.
- Boersma, Paul ja David Weenink (2016) *Praat: doing phonetics by computer* [Arvuti-programm]. Versioon 6.0.10. Kättesaadav aadressil <<http://www.praat.org>>. Alla laetud 13.01.2016.

- Dogil, Grzegorz (1999) „The phonetic manifestations of word stress in Lithuanian, Polish and German and Spanish“. Rmt-s Harry van der Hulst, toim. *Word prosodic systems in the languages of Europe*, 273–310. Berlin, New York: Mouton de Gruyter.
- Eek, Arvo (1987) „Kvantiteet ja rõhk eesti keeles (II). Seisukohavõtt“. *Keel ja Kirjandus* 3, 153–160; 4, 205–213; 5, 277–284; 6, 344–352.
- Eek, Arvo ja Einar Meister (1997) „Simple perception experiments on Estonian word prosody“. Rmt-s Ilse Lehiste ja Jaan Ross, toim. *Estonian prosody: Papers from a symposium*, 71–99. Tallinn: Institute of Estonian Language.
- Heuven Vincent J. van (2014) „Acoustic correlates and perceptual cues of word and sentence stress: mainly English and Dutch“. Rmt-s Carlos Gussenhoven, Yiya Chen ja Dan Dediu, toim. *The 4th International Symposium on Tonal Aspects of Languages, Nijmegen, The Netherlands, May 13–16, 2014*, 211–217. Baixas (FR): International Speech Communication Association ISCA.
- Kalvik, Mari-Liis ja Meelis Mihkla (2010) „Modelling the temporal structure of Estonian speech“. Rmt-s Inguna Skadiņa ja Andrejs Vasiļjevs, toim. *Human language technologies – the Baltic perspective. Proceedings of the Fourth International Conference Baltic HLT 2010*, 53–60. Amsterdam: IOS Press.
- Krull, Diana (2010) „Perception of Estonian word prosody in whispered speech“. *Nordic Prosody. Proceedings of the VIII Conference, Trondheim*, 153–164.
- Lehiste, Ilse (1970) *Suprasegmentals*. Cambridge (Mass.), London: The M.I.T. Press.
- Lippus, Pärtel, Eva Liina Asu, Pire Teras ja Tuuli Tuisk (2013) „Quantity-related variation of duration, pitch and vowel quality in spontaneous Estonian“. *Journal of Phonetics* 41, 17–28.
- Ortega-Llebaria, Marta ja Pilar Prieto (2007) „Disentangling stress from accent in Spanish: production patterns of the stress contrast in de-accented syllables“. Rmt-s Pilar Prieto, Joan Mascaró ja Maria-Josep Solé, toim. *Segmental and prosodic issues in Romance Phonology*, 155–179. Amsterdam ja Philadelphia: John Benjamins.
- Sahkai, Heete ja Meelis Mihkla (2019) „Intensity and spectral parameters as correlates of phrasal stress and word quantity in Estonian“. Rmt-s Sasha Calhoun, Paola Escudero, Marija Tabain ja Paul Warren, toim. *Proceedings of the 19th International Congress of Phonetic Sciences, Melbourne, Australia 2019*, 2475–2479. Canberra, Australia: Australasian Speech Science and Technology Association Inc.
- Sahkai, Heete, Meelis Mihkla ja Mari-Liis Kalvik (2015) „Emfaas ja fookus eesti keeles“. *Eesti ja soome-ugri keeleteaduse ajakiri* 6, 3, 97–122.
- Sluijter, Agaath M. C. ja Vincent J. van Heuven (1996a) „Spectral balance as an acoustic correlate of linguistic stress“. *Journal of the Acoustical Society of America* 100, 2471–2485.
- Sluijter, Agaath M. C. ja Vincent J. van Heuven (1996b) „Acoustic correlates of linguistic stress and accent in Dutch and American English“. *Proceedings of ICSLP 96*, 630–633.
- Truckenbrodt, Hubert (2006) „Phrasal stress“. Rmt-s Keith Brown, toim. *The encyclopedia of languages and linguistics*, 572–579. Oxford: Elsevier.

Türk, Helen, Pärtel Lippus, Karl Pajusalu ja Pire Teras (2016) „Quantity contrast in Inari Saami: the role of pitch and intensity“. *Proceedings of the 8th International Conference on Speech Prosody 2016*, 1090–1094.

Vogel, Irene, Angeliki Athanasopoulou ja Nadya Pincus (2016) „Prominence, contrast, and the functional load hypothesis: an acoustic investigation“. Rmt-s Jeffrey Heinz, Rob Goedemans ja Harry van der Hulst, toim. *Dimensions of phonological stress*, 123–167. Cambridge: Cambridge University Press.

Abstract. Heete Sahkai and Meelis Mihkla: Intensity, stress, and quantity in Estonian. The study examines the correlations of overall intensity with a) deaccented, accented and emphatically accented words; b) stressed and unstressed syllables; and c) short, long and overlong word quantities. The study considers three intensity parameters: the intensity level and the intensity contour of the stressed syllable, and the intensity range of the word. The authors ask whether and which of these parameters correlate with the examined categories, and whether the possible correlations are independent of fundamental frequency. The study finds that the phrase level categories – deaccented, accented, and emphatically accented words – are distinguished by the intensity level of the stressed syllable, which correlates strongly with F0. The intensity parameters that correlate with the word level categories are more independent of F0. The stressed syllable is distinguished from the unstressed syllable by a higher intensity level. The three quantity degrees are distinguished by the intensity range of the word and the intensity contour in the stressed syllable.

Keywords: Estonian, word quantity, word stress, phrasal stress, emphasis, acoustic correlates, intensity, fundamental frequency