

TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL

Infotehnoloogia teaduskond

Tervisetehnoloogiate instituut

Kristjan Pahtma 177022YADM

**KESKKONNA SUHTELISE DIELEKTRILISE
LÄBITAVUSE VÕIMALIK MUUT KESKKONNA
MÕJUTAMISEL ELEKTROMAGNETVÄLJAGA**

Magistritöö

Juhendaja: Hiie Hinrikus
emeriitprofessor

Tallinn 2020

Autorideklaratsioon

Kinnitan, et olen koostanud antud lõputöö iseseisvalt ning seda ei ole kellegi teise poolt varem kaitsmisele esitatud. Kõik töö koostamisel kasutatud teiste autorite tööd, olulised seisukohad, kirjandusallikatest ja mujalt pärinevad andmed on töös viidatud.

Autor: Kristjan Pahtma

18.05.2020

Annotatsioon

Tänapäeva inimest ümbritseb suur hulk erinevaid mikrolaine diapsoonis leiduvaid kiirgusi. Tehnoloogia kiire arengu tõttu tekib neid pidevalt juurde. Sellepärast tuleb uurida nende lainete mõju inimesele.

Ollakse teadlikud mikrolainete soojuslikust mõjust, mis enamasti toimub suurematel võimsustel, kuid efekte inimesele leidub ka mitte-soojuslikke, mis võivad tekkida madalatel, meid ümbritsevatel võimsustasemetel.

Siiani on uuritud mitte-soojuslikke mõjusid ühe elektromagnetvälja puhul. Käesolevas töös uuritakse mõju keskkonnale, milleks siinkohal on vesi, kahe kiirgusvälja puhul. Mõju hinnatakse läbi dielektrilise läbitavuse muudu.

Töö tulemusena keskkonna dielektrilise läbitavuse muutu keskkonna mõjutamisel teisese elektromagnetväljaga ei leitud.

Lõputöö on kirjutatud eesti keeles ning sisaldab teksti 34 leheküljel, 3 peatükki, 20 joonist, 10 tabelit.

Abstract

Today's human is surrounded by many different waves in the microwave frequency range. Due to a quick development, the amount of which, is increasing. That is why, it is important to study the effect of these waves on human beings.

The public is aware of the thermal effects of the microwaves, taking place in higher power applications, but there are also non-thermal effects. These can occur at low power levels, like the ones we are surrounded with.

Thus far, non-thermal effects have been studied in the case of one electromagnetic field. In the case of two fields, the effect on water is studied in this thesis. The possible impact is assessed by detecting a possible difference in permittivity.

Result from the testing showed, no change in the permittivity due to a secondary electromagnetic field was ascertained.

The thesis is in Estonian and contains 34 pages of text, 3 chapters, 20 figures, 10 tables.

Sisukord

Tänuavaldus	7
Sissejuhatus	8
1. Dielektriline läbitavus	11
1.1. Dielektriline polarisatsioon.....	11
1.2. Dielektrilise läbitavuse füüsikalised omadused	12
1.3. Võimalikud mõõtemetodid.....	14
1.3.1. Lahtise otsaga koaksiaalproovik.....	15
1.3.2. Ülekandeliin	15
1.3.3. Paralleelsete plaatide meetod	16
1.3.4. Vaba ruumi meetod.....	17
1.3.5. Resonaatori meetod	17
1.4. Töös kasutatava mõõtemetodi valik	18
1.5. Matemaatilised seosed	18
2. Mõõtmine	20
2.1. Katse ülesehitus	20
2.2. Kasutatav riist- ja tarkvara.....	21
2.2.1. Signaaligeneraatorid.....	21
2.2.2. Võimendi.....	22
2.2.3. Võimsusmõõtja	22
2.2.4. Proovik.....	23
2.2.5. Antenn	24
2.2.6. Kast koos kaanega	26
2.2.7. Juhtivusmõõtja	26
2.3. Katse käik.....	27
3. Tulemused ja analüüs	31
3.1. Katse 1	31
3.2. Katse 2	36
3.3. Tulemuste analüüs	40
Kokkuvõte	41
Kasutatud kirjandus.....	42
Lisad.....	45
Lisa 1. Koaksiaalkaabli tehnilised parameetrid	45

Lisa 2. Võimendi võimenduse sagedusgraafik.....	46
Lisa 3. Esimese katse mõõtetulemused	47
Lisa 4. Teise katse mõõtetulemused.....	50

Tänuavaldus

Avaldan tänu mind abistanud ja motiveerinud inimestele: juhendaja Hiie Hinrikus, Rain Kattai, Maie Bachmann ja Jaan Ojarand.

Sissejuhatus

Mikrolaineteks loetakse elektromagnetlaineid, mille sagedus jääb vahemikku 300 MHz kuni 300 GHz. Nende kasutus on mitmekesine ning pidevalt laienev. Inimest keskkonnas ümbritsevad mikrolained on suuresti tingitud juhtmevabadest kommunikatsioonilahendustest, nagu telefonivõrk, wifi ja Bluetooth. Kasutusel on ka mikrolainespektris töötavad radarid, nt ilma jälgimiseks, objekti kiiruse mõõtmiseks, maa-aluste struktuuride leidmiseks, Maa topograafia kaardistamiseks, aga ka sõjaväelise kasutuse puhul vastase asukoha määramiseks [1]. Militaarkasutus hõlmab ka mitte-letaalseid relvi, mis soojendavad inimese naha pealmist pinda, tekitades nii ebamugavustunnet [2].

Mikrolainete soojendavat mõju kasutatakse ära ka toidu valmistamisel, samuti meditsiinis. Heaks näiteks siinkohal on hüpertermia seadmed, mis tõstavad kasvaja temperatuuri, kärpides nii rakkude pooldumisvõimet ja tõstes kiiritusravi efektiivsust [3]. Soojendav efekt on kasutusel ka füsioteraapias, diatermia seadetes, kus mikrolainete soojendav mõju parandab verevarustust kudedesse. [4] Mikrolainetega on võimalik lokaalselt kude kuumutada ning suretada, kasutades selleks minimaalselt invasiivseid nõelu, meetodit nimetatakse mikrolaineablatsiooniks. See sobib vähiraviks väiksemate kasvajate puhul ning patsientidele, kellele on raskemad operatsioonid vastunäidustatud. Samuti on meetod kasutusel teatud arütmiate ravis, lisajuhteteede läbi kõrvetamisel. Sama, koaguleeriv, funktsioon on kasutusel ka mujal kirurgias [3], [5], [6].

Mikrolainetel on meditsiinis lisaks ravimisele ka diagnostiline kasutus. Mikrolaine radiomeetria, mis on mitte-invasiivne diagnostiline meetod, registreerib kehasoojuse poolt põhjustatud mikrolainekiirgust. See võimaldab näha võimalikke patoloogiaid, nagu vähkkasvaja, kuna need rakud on kõrgema temperatuuriga võrreldes terve koega [3]. Mikrolaine pilditehnoloogia töötab sarnaselt radarile, mõõdab eelnevalt välja saadetud ja tagasi peegeldunud mikrolaine omadusi ruumis. Eri keskkondadel on spetsiifilised dielektrilised omadused, mis mõjutavad mikrolaineid erinevalt, andes niimoodi pildi uuritavast materjalist. Sel juhul on võimalik vahet teha tervel ja vähi koel [7].

Sarnane meetod on ka käesolevas töös kasutatav mikrolaine diagnostika, kus välja saadetud ja tagasi peegeldunud laineid võrreldes, saab kirjeldada keskkonda, millega laine kokku

puutus, nende dielektrilisi omadusi [8]. Antud meetodit kasutatakse lisaks meditsiinile paljudel elualadel. Ehituses on mõõtemetod kasutusel betoonis oleva vee koguse hindamiseks. Selle põhjal on võimalik teada saada, kas betoon on piisavalt kuivanud [9]. Vee sisaldust kontrollitakse ka toiduainetööstuses ja põllumajanduses näiteks vilja ja pinnase puhul [10], [11]. Uuritud ja kaardistatud on vee enda omadusi, kuna seda leidub paljudes materjalides, kaasa arvatud bioloogiline kude [12], [13]. Vesi on katsealuseks materjaliks ka käesolevas töös.

Nagu eelnevalt mainitud, üha enam tänapäeval kasutatavatest ja inimest ümbritsevatest sidevahenditest ja elektroonikast kasutavad juhtmevabaks ühenduseks mikrolaineid: wifi, telefoniühendus jne. Sellega seoses tuleb hinnata mõju inimesele.

Mitte-ioniseeriva, seal hulgas mikrolainekiirguse puhul ollakse teadlikud soojuslikust efektist ja selle võimalikust kahjust inimesele. Negatiivsete mõjude all käsitletakse tänasel päeval ainult temperatuuri tõusust tingitud ohte tervisele [14].

Mikrolainete mitte-soojuslikud efektid koele on vähem tuntud. On teada, et mõju inimesele on olemas, kuid selle kahjulikkust pole piisavalt veenvalt tõestatud [14]. Sellele vaatamata on raadiosagedustel elektromagnetväli Maailma Terviseorganisatsiooni alla kuuluva Rahvusvahelise Vähiuurimise keskuse poolt klassifitseeritud kui võimalik vähitekitaja inimeses [15]. Mitte-soojuslikud efektid on tuvastatud EEGle, sellega seoses ka õppimisvõimele ja mälule [14], [16]. Fikseeritud on ka suurenenud stress rakule, vabade radikaalide arv, muutused DNAs ja reproduktsiivsüsteemis [17].

Võimalikuks mehhanismiks mitte-soojuslikule mõjule on pakutud vee polariseerumist välise, kõrgsagedusliku elektromagnetvälja mõjul [18]. Seda toetab ka katsetuslikult saadud tulemus, mille järgi mikrolainete mõjul kiireneb vee difusioon, tulenevalt lainete häirivast mõjust, mis vähendab vee viskoossust [19].

Keskkonna polariseerumise mõõduks on selle dielektriline läbitavus.

On teada, et potentsiaalselt polariseeruvad vee dipolaarsed molekulid ja seal sisalduvad ioonid korrelatsioonis polariseeriva elektriväljaga määravad vee dielektrilise läbitavuse [18]. Seda on uuritud põhjalikult, nagu eelnevalt mainitud. Samas pole teada mis juhtub mitme välja koosmõjul.

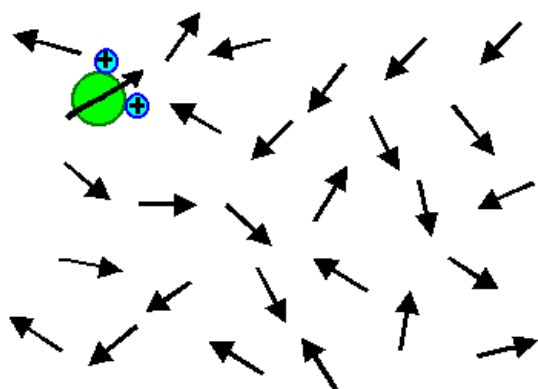
Töö hüpoteesiks on, et mõõtmisel tekitatud elektromagnetvälja ja teisese, mõõteväljaga risti oleva välja koosmõjul on mõõdetud vee suhteline dielektriline läbitavus erinev, kui veel, mis

on ainult mõõtmisest tingitud väljas. See on realistlikum representatsioon päris elust, kus pole ainult üks väli. Vett kasutatakse bioloogilise koe lähendusena.

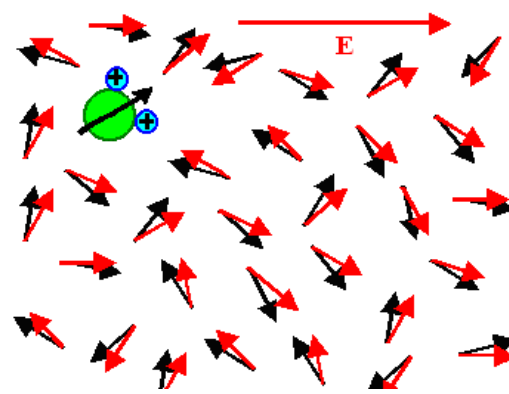
1. Dielektriline läbitavus

1.1. Dielektriline polarisatsioon

Dielektriline läbitavus on füüsikaline suurus, mis iseloomustab dielektriku võimet polariseeruda. Vee polariseerumise kohta on toodud näide joonste 1 ja 2 abil.



Joonis 1. Vee dipoolide paigustus ilma väise elektriväljata [20].



Joonis 2. Vee dipoolide paigustus väise elektriväljaga [20].

Joonistelt 1 ja 2 on näha vee dipoolide paigustus ilma välise väljata ja välise väljaga. Polariseerumisel kõik dipoolid ei joondu otseselt väljaga, aga summaarselt.

Eristatakse absoluutset (ϵ) ja suhtelist dielektrilist läbitavust (ϵ_r). Absoluutse dielektrilise läbitavuse ühikuks on farad meetri kohta (F/m) [3]. Suhteline dielektriline läbitavus on võimalik avaldada järgneva seosega:

$$\epsilon_r = \frac{\epsilon}{\epsilon_0} \quad (1)$$

ϵ_0 tähistab vaakumi absoluutset dielektrilist läbitavust ehk elektrilist konstanti, mis on leitud valguskiiruse (c) ja magnetilise konstandi (μ_0) põhjal:

$$\epsilon_0 = \frac{1}{c^2 \mu_0} \approx 8,854 \cdot 10^{-12} \text{ (F/m)} \quad (2)$$

Suhteline dielektriline läbitavus on dimensioonitu suurus [3].

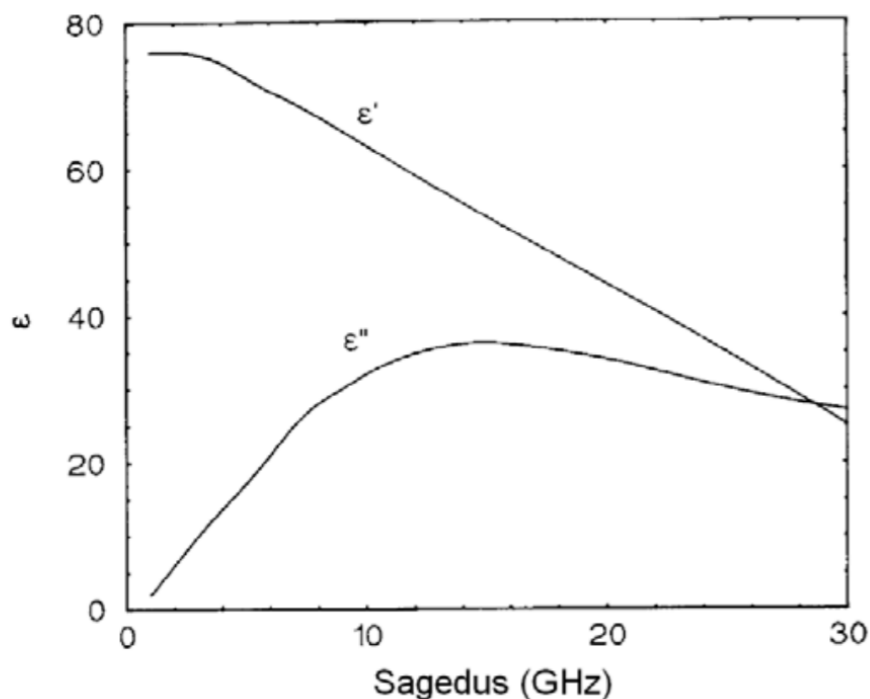
1.2. Dielektrilise läbitavuse füüsikalised omadused

Kui polariseeruv väli on ajas muutuv, on dielektriline läbitavus kompleksne suurus, mis sõltub välja sagedusest. Dielektriline läbitavus sõltub sagedusest, kuna elektrivälja tõttu polarisatsiooni tekkimine võtab teatud aja [3], [13]. Kompleksse dielektrilise läbitavuse avaldamiseks kehtib Debye funktsioon:

$$\epsilon_d(\omega) = \epsilon_\infty + \frac{\epsilon_s - \epsilon_\infty}{1 + i\omega\tau} \quad (3)$$

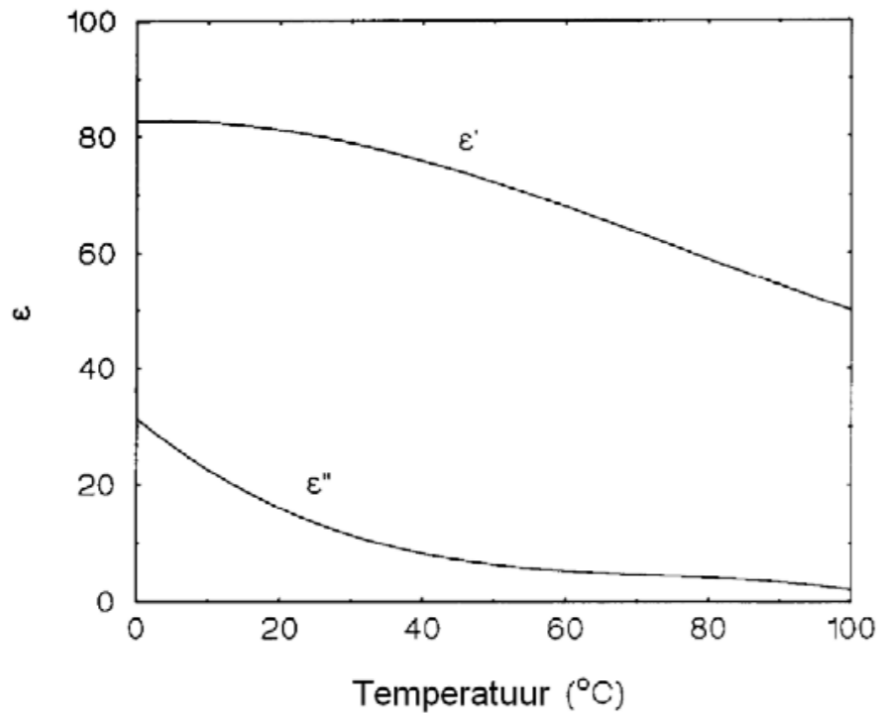
Funktsiooni puhul tähistab ϵ_d kompleksset dielektrilist läbitavust, ω on välja nurksagedus, ϵ_s on dielektriline läbitavus madala sageduse või staatilise välja korral, ϵ_∞ on kõrgsageduslik dielektriline läbitavus ja τ on relaksatsiooniaeg. ϵ_s ja ϵ_∞ on tuntud ka kui minimaalne ja maksimaalne dielektrilise konstandi komponent. Dielektrilise läbitavuse komplekskuju puhul ($\epsilon_d = \epsilon' + i\epsilon''$) tähistab ϵ' reaalosa, mis on võrdne keskkonna dielektrilise läbitavusega. Imaginaarosa tähisega ϵ'' iseloomustab keskkonnas tekkivaid kadusid [3], [13].

Joonisel 3 on toodud dielektrilise läbitavuse reaali- ja imaginaarosa graafikud sõltuvana sagedusest:



Joonis 1. Dielektrilise läbitavuse reaalosa ja imaginaarosa sõltuvus sagedusest puhta vee korral [3].

Lisaks sagedusele sõltub dielektriline läbitavus ka temperatuurist. Seos temperatuuri ja dielektrilise läbitavuse kohta 3 GHz juures on toodud joonisel 4.



Joonis 2. Dielektrilise läbitavuse reaalosa ja imaginaarosa sõltuvus temperatuurist 3 GHz juures puhta vee korral [3].

Jooniselt 4 on võimalik näha, et nii imaginaar- kui reaalosa dielektrilisest läbitavusest langevad temperatuuri tõustes. Reaalosa väheneb, sest temperatuuri tõusust tulenev osakeste liikumine ja omavaheline pörkumine on intensiivistunud. Imaginaarosa poolt väljendatav neeldumine on vähenenud, kuna keskkonna temperatuuri tõustes selle erijuhtivus väheneb [3].

Töös kasutatakse katsealuse keskkonnana pöördosmoosvett, mida võib vaadelda ka kui bioloogilise koe lähendust. Bioloogiline kude sisaldab suurel määral vett. Tabelis 1 on võrdluseks toodud mõningate bioloogiliste kudede ja vee suhtelise dielektrilise läbitavuse andmed kehatemperatuuril 1 GHz mõõtevälja korral [21].

Tabel 1. Erinevate bioloogiliste kudede ja vee suhteline dielektriline läbitavus kehatemperatuuril, 1 GHz mõõtesagedusel [21].

Aine/kude	Suhteline dielektriline läbitavus
Vesi	84,4
Veri	61,1
Lihask	54,2
Neer	57,9
Aju hallaine	52,3

1.3. Võimalikud mõõtemetodid

Töös püstitatud hüpoteesi kontrollimiseks on vajalik valida sobiv mõõtemetod. Oluline on mõõta dielektrilist läbitavust, sellega võrdelist suurust või selleks arvutatavat suurust, hinnangu andmiseks.

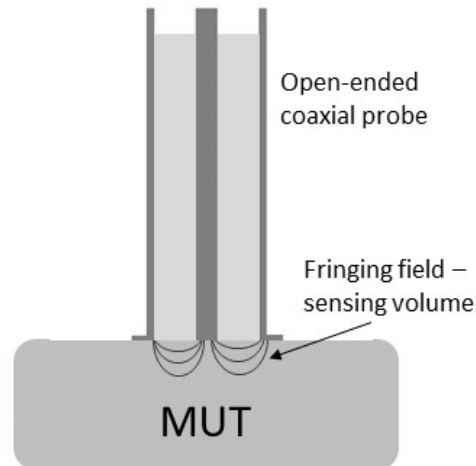
Mõõtmised toimuvad sagedusvahemikus, mis kuulub mikrolaine diapasoni.

Keskkond, milles mõõtmised toimuvad, on vesi, vett mõjutatakse kahe eri mikrolaineikiirgusega, ühe puhul varieeritakse sagedust, teise puhul võimsust.

Mõõtemetodeid on mitmeid, igal neist on oma tugevused ja nõrkused, valikul tuleb silmas pidada konkreetse katse eripära.

1.3.1. Lahtise otsaga koaksiaalproovik

Oma ehituselt on proovik lihtne, tegemist on põhimõtteliselt katkenud koaksiaalkaabliga. Mõõtetulemuse saamiseks viiakse proovik kontakti testitava materjaliga. Mõõdetakse peegeldustegur ning selle põhjal arvutatakse dielektriline läbitavus. Peegeldustegur saadakse, arvestades langenud ja tagasipeegeldunud laine võimsust [8], [22].



Joonis 3. Lahtise koaksiaalotsa meetod. Ülevalt tuleb koaksiaalproovik, märgitud on detekteeritav maht ja testitav materjal (MUT) [23].

Tegemist on laialt levinud meetodiga, mille plussideks on lisaks lihtsusele ka

lai sagedusriba, hea sobivus vedelikele ja pool-tahkistele. Mõõtmine ei mõju mõõdetavale materjalile destruktiivselt, see koos mugava kasutusega on põhjusteks, miks meetodit saab kasutada mõõtmiseks elusas koes [8].

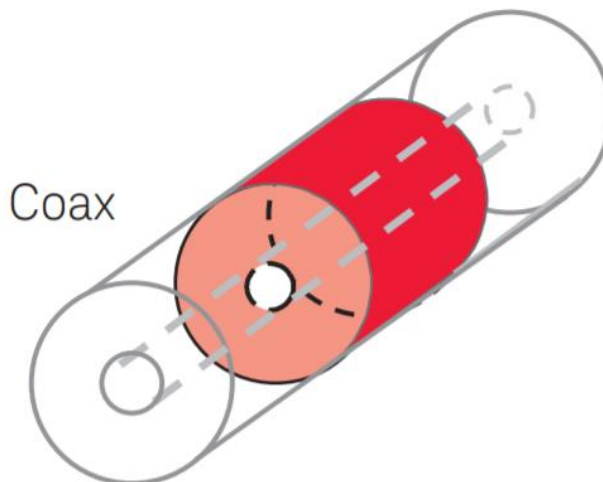
Meetodil esineb ka piiranguid. Mõõdetav aine peab olema homogeenne ja isotroopne ning prooviku ja aine vahel ei tohi olla õhku, kontakt peab olema väga hea. Mõõta saab ainult laine peegeldumist. Väikeste dielektriliste läbitavustega materjalide puhul on täpsus madal [8], [22].

1.3.2. Ülekandeliin

Ülekandeliini meetodi puhul on kasutusel lainejuht, mille ühte seksiooni sisestatakse mõõdetav materjal. Sarnaselt eelmise meetodiga saab mõõta tagasi peegeldumist, kuid ka aine läbinud laine omadusi [8], [22].

Eeliseks lahtise otsaga koaksiaalprooviku ees on võime mõõta ka magnetilist läbitavust ning võime mõõta magnetiseeruvaid ja anisotroopseid materjale. Meetod võimaldab teha mõõtmisi laias sagedusribas [8].

Uuritav aine peab olema homogeenne, vedelike jaoks on vaja eraldi nõud, õhuvahesid ei tohi jääda aine ja mõõtefikstuuri seinte vahele. Meetod nõuab materjali kuju töötlemist, kui tegemist on tahkiste või pooltahkistega. Olenevalt materjaliproovi paksusest ja kasutatava laine lainepikkusest selles materjalis võib meetodi täpsus kahaneda [8], [22].

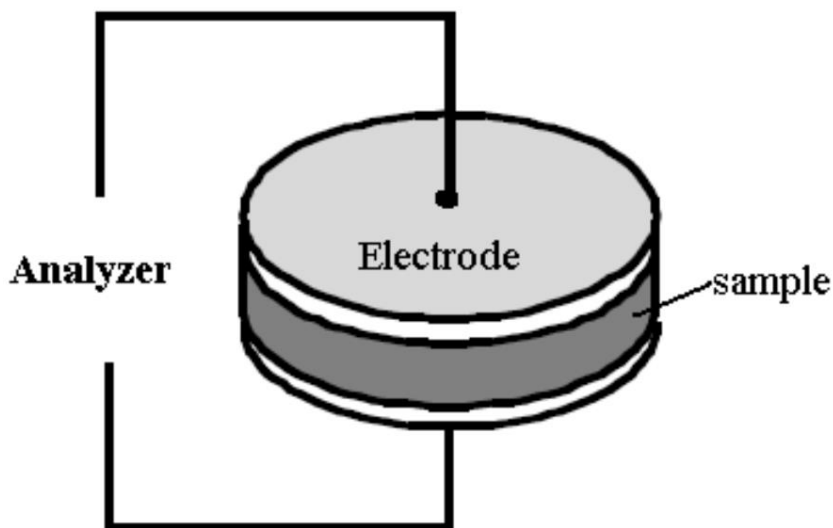


Joonis 4. Ülekandeliin. Ala, kuhu pannakse testitav materjal, on märgistatud punasega [8].

1.3.3. Paralleelsete plaatide meetod

Tegemist on põhimõtteliselt kondensaatoriga. Olenevalt dielektrilisest ainest, mis plaatide vahele pannakse, muutub mõõdetud mahtuvus, mille põhjal arvutatakse dielektriline läbitavus.

Meetod töötab kõige paremini, kui testitav materjal on õhuke ja kui mõõtmine toimub madalatel sagedustel, kuni 1 GHz [8].



Joonis 5. Paralleelsete plaatide meetod. Plaatide vahel olevat ainet analüüsitakse [23].

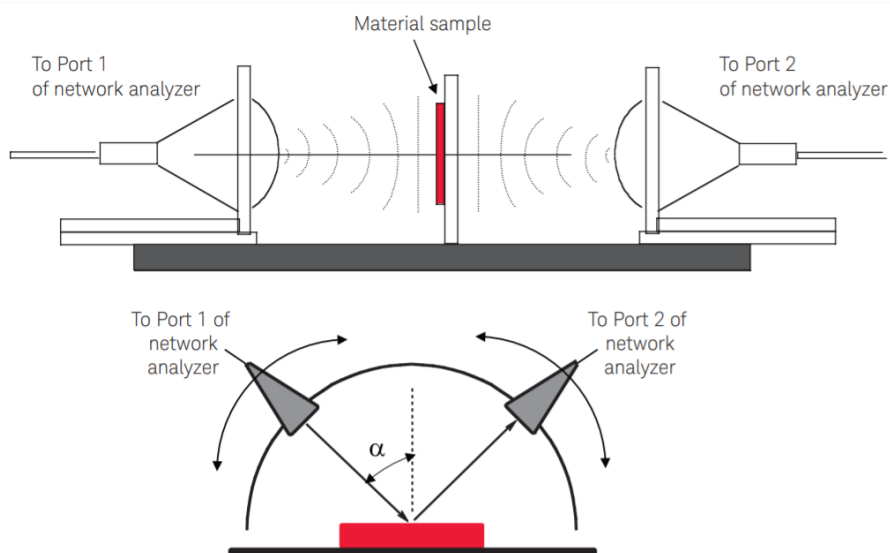
1.3.4. Vaba ruumi meetod

Vaba ruumi meetodi puhul ei ole mõõtmistehnika puutekontaktis mõõdetava materjaliga. Uuritav aine paigutatakse kahe vastastikku suunatud antenni vahele. On võimalik registreerida ainult peegeldunud või tagasi peegeldunud ja läbinud mikrolaineikiirgus, mille põhjal on võimalik arvutada dielektriline ja magnetiline läbitavus [8], [22].

Meetod võimaldab teostada mõõtmisi laias sagedusribas, rasketes oludes ja mitte-kontaktsetl.

Viimane on omadus, mis lubab uurida aineid kõrgel temperatuuril [8].

Mõõtmine on materjalile kahjutu, kuid mõõteobjektile kehtivad piirangud. See peab olema suur, lame, paralleelsete külgedega tahkis [22].



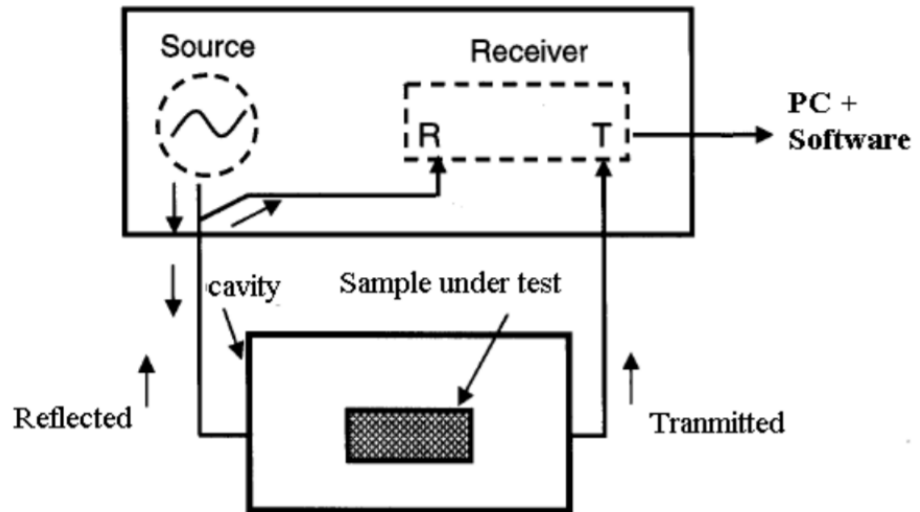
Joonis 6. Üleval on variant, mille puhul saab mõõta nii peegeldunud, kui läbinud kiirgust. Allolev ülesseade annab infot peegeldumise põhjal. Mõlemal puhul on kasutusel 2 antenni. Testitav materjal on märgitud punasega [8].

1.3.5. Resonaatori meetod

Resonaatori meetodil on mitmeid variatsioone, kuid töömehhanism on kõigil sama. Resonaator on struktuur, mis on disainitud resoneerima kindlal sagedusel. Resonaatorisse paigutatud katsealune aine muudab seda sagedust. Selle hüveteguri ja materjali mahu ja põhjal on võimalik arvutada testitava aine dielektriline läbitavus. Hüvetegur võnkuvast süsteemis iseloomustab võnkumisel tekkivat energiakadu [8], [22], [24].

Meetod on kõige täpsem dielektrilise läbitavuse määramiseks. Samuti saab mõõtmisi teostada väga väikse materjali hulgaga. Mõõtmine võib toimuda ükskõik millisel sagedusel, aga resonaator peab olema sellele sagedusele disainitud [22].

Sellest tuleneb ka meetodi suurim puudus, mõõtmisi saab teha ainult ühel või mõnel sagedusel. Lisaks on vaja suure sagedusliku eraldusvõimega aparaati signaali kätte saamiseks [8], [22].



Joonis 7. Resonaatori meetod. Peegeldunud ja läbinud laine läheb vastuvõtjasse (Receiver), kust saadud info töötleb edasi spetsiaalse tarkvaraga arvuti [23].

1.4. Töös kasutatava mõõtemetodi valik

Käesolevas töös kasutatakse ära lahtise otsaga koaksiaalprooviku meetodi põhimõtet. Otsustavateks faktoriteks on võrdlemisi lihtne teostatavus, lai sagedusriba ja hea sobivus vedelikele. Kuna testimiseks kasutatav keskkond on vesi, ei ole meetodi puudujäägid mõõtmisel piiranguks. Vesi on homogeenne, isotroopne ning võrdlemisi suure suhtelise dielektrilise läbitavusega (81). Kuna huvitume dielektrilisest, aga mitte magnetiliselt läbitavusest, piisab, kui info saab ainult peegelduse põhjal.

1.5. Matemaatilised seosed

Mõõtmise tulemusena annab võimsusmõõtja seisulaineteguri (SLT). See avaldub valemiga 4 [3].

$$SLT = \frac{E_i + E_r}{E_i - E_r} \quad (4)$$

E_i tähistab siin langenud ja E_r peegeldunud lainet. Seisulaineteguri sidumiseks dielektrilise läbitavusega on olemas seosed (valemid 5 ja 6).

$$SLT = \frac{Z_2}{Z_1} \quad (5)$$

Kus Z_1 on keskkonna, kust laine tuleb, lainetakistus ja Z_2 on keskkonna, kuhu laine siseneb, lainetakistus.

$$Z = \frac{Z_0}{\sqrt{\epsilon_r}} \quad (6)$$

Kus Z_0 on vaakumi lainetakistus, Z on keskkonna lainetakistus ja ϵ_r on sama keskkonna suhteline dielektriline läbitavus [3].

Kahe viimase seose ja teadaolevate suuruste põhjal on võimalik avaldada vee dielektriline läbitavus käesoleva katse puhul.

Teadaolevad suurused: $Z_0 = 120\pi \Omega \approx 377 \Omega$; $\epsilon_r(\text{õhk}) \approx 1$

SLT proovikust vette: $SLT_{pv} = \frac{Z_{vesi}}{Z_{proovik}}$

SLT proovikust õhku: $SLT_{p\text{õ}} = \frac{Z_{\text{õhk}}}{Z_{proovik}}$

Suhtelise dielektrilise läbitavuse ning õhu ja vee SLT seos:

$$\frac{SLT_{pv}}{SLT_{p\text{õ}}} = \frac{Z_{vesi}}{Z_{\text{õhk}}} = \frac{\frac{Z_0}{\sqrt{\epsilon_r(\text{vesi})}}}{\frac{Z_0}{\sqrt{\epsilon_r(\text{õhk})}}} = \frac{\frac{377}{\sqrt{\epsilon_r(\text{vesi})}}}{\frac{377}{\sqrt{1}}} = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_r(\text{vesi})}} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \epsilon_r(\text{vesi}) = \frac{SLT_{p\text{õ}}^2}{SLT_{pv}^2} \quad (7)$$

2. Mõõtmine

2.1. Katse ülesehitus

Katse jaoks kasutatakse kahte signaaligeneraatorit, võimendit, võimsusmõõtjat koos tarkvaraga, proovikut, antenni, veeanumat ning vett. Lisaks on vee temperatuuri fikseerimiseks olemas juhtivusmõõtja.

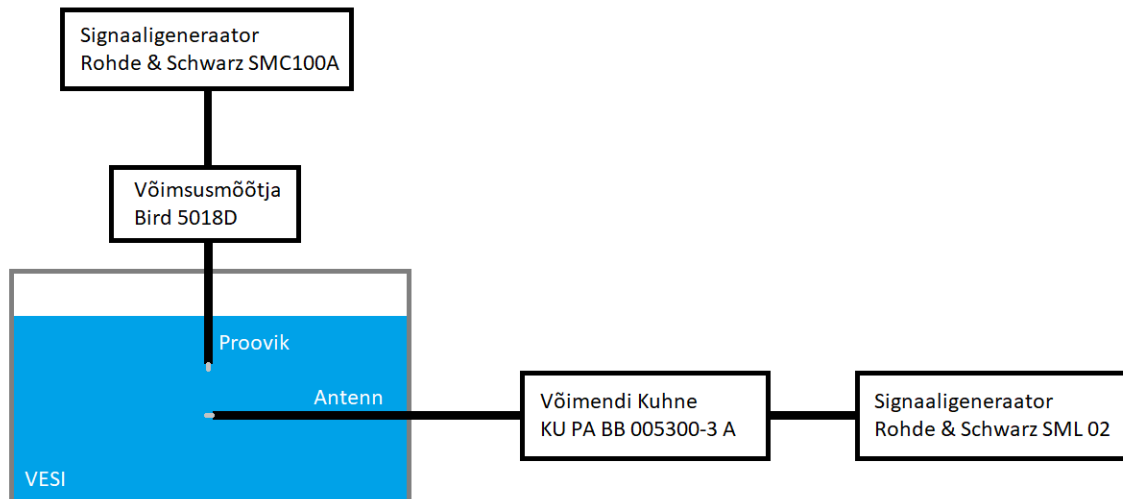
Skeemil 1 on näha katse ülesehitus. Signaaligeneraatorit Rohde & Schwarz SMC100A (edaspidi SMC100A) kasutatakse mõõtmisageduse genereerimiseks. Pärast seda on ahelas, mis lõpeb proovikuga, võimsusmõõtja. Viimane mõõdab langevat ja tagasipeegeldunud võimsust. Nende põhjal on võimalik saada seisulainetegur, teguri seade ka väljastab. Seisulainetegur omakorda on võimalik siduda dielektrilise läbitavusega vastavalt peatükile „Matemaatilised seosed“. Seadme väljastatud info ja seoste põhjal on võimalik välja arvutada suhtelise dielektrilise läbitavuse reaalosa, kadusid iseloomustav imaginaarosa ei saada.

Signaaligeneraatorit Rohde & Schwarz SML 02 (edaspidi SML 02) kasutatakse teise kiirusvälja tekitamiseks. Välja eesmärgiks on polariseerida vesi enda suunas, mis on risti mõõteprooviku poolt genereeritava polarisatsiooniga, hüpoteesi kontrollimiseks. Väli tekitatakse antenni poolt, kuhu jõuab signaaligeneraatorist laine läbi Kuhne KU PA BB 005300-3 A võimendi.

Vastavalt hüpoteesile on mõõtekeskkonnaks vesi, mis on kastis, kuhu suubuvad ka antenn ja mõõteproovik.

Katses kasutatakse pöördosmoosvett. Kasutatud ei ole füsioloogilist vedelikku, kuna selle dielektriline konstant ei ole vee omast oluliselt erinev (puhta vee ja füsioloogilise vedeliku konstandid vastavalt 81 ja 78) [25]. Praktikas on suure hulga vee puhul soolalahuse ühtlust ja õiget kontsentratsiooni raske tagada, pöördosmoosvee kasutamine lihtsustab katse läbi viimist. Kuigi konstantide erinevus pole suur, on siiski huvi, et dielektriline läbitavus on maksimaalne, see tähendab suuremat polariseerumist, mis tähendab rohkem potentsiaalselt infot andvaid vee dipole. Pöördosmoosvee juhtivus on madalam, kui soolalahusel, mis tähendab, et ka keskkonnas tekkivad kaod on madalamad [3].

Katses kasutatav mõõtesagedusvahemik on 450 – 3000 MHz, kuna see hõlmab endas suurema osa inimese ümbruses kasutusel olevatest sagedustest (telefoniside, wifi, Bluetooth, GPS jne) [26], [27].



Skeem 1. Katse ülesehitus ning kasutatavad seadmed, nende vahelised ühendused.

2.2. Kasutatav riist- ja tarkvara

2.2.1. Signaaligeneraatorid

Nagu eelnevalt mainitud, kasutatakse töös kahte signaaligeneraatorit. Ühte mõõtmisvälja, teist teisese välja tekitamiseks, vastavalt SMC100A ja SML 02. Katse jaoks olulised signaaligeneraatorite tehnilised näitajad on toodud tabelis 2.

Tabel 2. Signaaligeneraatorite tehnilised omadused [28] [29].

Tehniline omadus	SMC100A	SML 02
Sagedusvahemik	9 kHz – 3,2 GHz	9 kHz – 2,2 GHz
Maksimaalne väljundvõimsus	19 dBm (79 mW)	18 dBm (63 mW)

2.2.2. Võimendi

Võimendit kasutatakse katses signaaligeneraatori SML 02 poolt genereeritava laine võimendamiseks. Võimendi olulisemad tehnilised näitajad on toodud tabelis 3.

Tabel 3. Võimendi tehnilised andmed [30].

Tehniline omadus	Kuhne KU PA BB 005300-3 A
Sagedusvahemik	50 – 3000 MHz
Sisend- ja väljundimpedants	50 Ω
Võimendustegur	Vähemalt 30 dB
Maksimaalne sisendvõimsus	10 dBm (10 mW)
Sisendvõimsuse P1dB (1 dB kompressioonipunkt)	Minimaalselt 5 dBm (3.2 mW)

Võimendid, nagu ka siin kasutatav, on reeglina disainitud, et võimendustegur oleks teatud sagedusvahemikus konstantne ning sisend- ja väljundvõimsus suhestuksid lineaarselt. See ei saa aga lõpmatuseni kesta, teatud hetkest alates sisendvõimsuse tõstmisel väljundvõimsuse tõus hääbub. Selle iseloomustamiseks on 1 dB kompressioonipunkt, mis märgib kohta, kus võimendus kahaneb 1 dB võrra oma konstantsest väärtusest [31].

2.2.3. Võimsusmõõtja

Seade, millega hakatakse signaali lugema, on võimsusmõõtja Bird 5018D. Seadme põhiväljund on mõõta langevat võimsust, kuid registreerib ka peegelduvat, millest johtuvalt seisulainetegurit. Seda näitu kasutatakse käesolevas töös ära. Võimsusmõõtja vajab näidu kuvamiseks ühendust arvuti või nutiseadmega, milles on vastav rakendus. Olulised tehnilised näitajad võimsusmõõtja kohta on tabelis 4. Seosed (valem 8 ja 9), mida võimsusmõõtja kasutab, käivad peegeldusteguri (ρ) ja seisulaineteguri kohta [32]:

$$\rho = \sqrt{\frac{P_r}{P_f}} \quad (8)$$

P_r on peegeldunud võimsus ja P_f o langenud võimsus.

$$SLT = \frac{1+\rho}{1-\rho} \quad (9)$$

Tabel 4. Võimsusmõõtja tehnilised näitajad [32].

Tehniline omadus	Bird 5018D
Võimsusvahemik	0,1 – 25 W
Sagedusvahemik	150 MHz – 4 Ghz
Minimaalne langev võimsus peegeldunud signaali saamiseks	0,1 W

2.2.4. Proovik

Proovik tehti risti pooleks lõigatud koaksiaalkaablist. Tegemist oli LMR-400 kaabliga, mille ühes otsas SMA ja teises N-tüüpi isaspistik. Katse jaoks olulised kaabli tehnilised omadused on toodud tabelis 5.

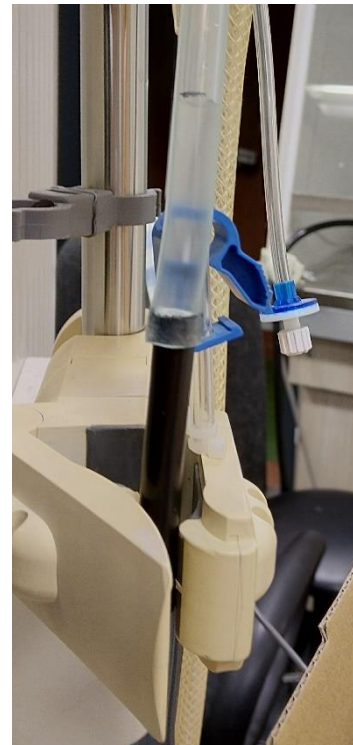
Tabel 5. Koaksiaalkaabli tehnilised omadused [Lisa 1].

Tehniline omadus	Koaksiaalkaabel N Male / SMA Male LMR-400
Maksimaalne sagedus	3 GHz
Impedants	50±2 Ω

Prooviku tegemiseks, oli vajalik sirge, koaksiaalkaabli teljega ristuv lõige. Seejärel kooroti lõigatud otsast umbes 1 mm jagu kaabli välimist katet. Paljastunud koaksiaalkaabli väline juht volditi välja, kaabli kesta peale. Kuna sellisel proovikul on üsna kõrged ja ebastabiilsed seisulaineteguri väärtused, lõigati pärast esmast katsetust proovik sarnaseks antenniga, kus koaksiaalkaabli keskmine juht ulatub ligikaudu 1 cm jagu muust kaablist välja. Selguse huvides nimetatakse proovikut endiselt proovikuks, kuigi sisuliselt on tegemist antenniga.

Kuna mõõtmine toimub vees, tuleb proovik veekindlaks teha. See säilitab kindluse, et prooviku omadused katse või mitme jooksul ei muutu.

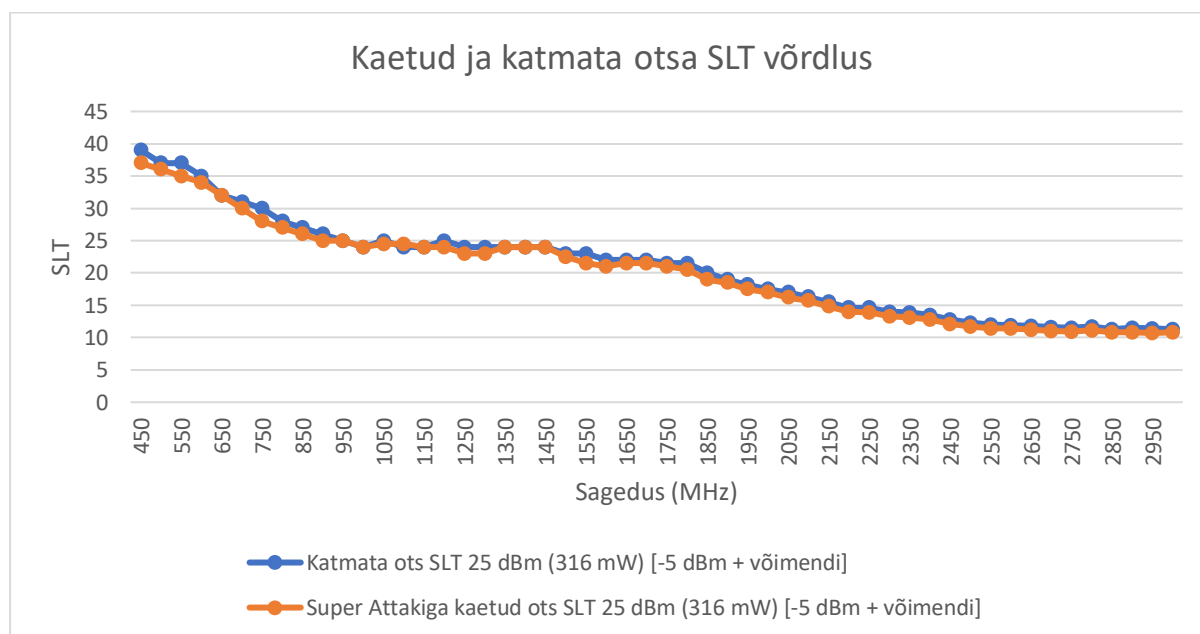
Veekindluse andmiseks katsetati erinevaid variante. Veekindlust testiti kasutades kaablijuppi, mille otsa oli läbipaistev



Pilt 1. Veekindluse testimine.

voolikutükk. Voolikusse valati vett ja selle peale joonistati skaalaks joon, mis aitas kindlaks teha, kui veetase on langenud (Pilt 1).

Katsetati künlavaha, silikonliimi ja Super Attaki. Kolmest pidas vett ainult viimane. Lisaks prooviti, kas Super Attaki pealmise kihi maha lihvimisel, parema ühenduse saamiseks materjaliga, veekindlus säilib, lootuses, et liim on imunud piisavalt sügavale. See ei pidanud paika, lihvitud otsaga kaablijupp hakkas vett sisse võtma. Ainukeseks variandiks jäi prooviku Super Attakiga katmine. Testiti ka, kuidas antud liim mõjutab prooviku SLT-d. Selleks võeti SLT üles õhu käes katmata ja Super Attakiga kaetud olekus. Tulemused on joonisel 10.



Joonis 8. Katmata ja Super Attakiga kaetud proovikuotsa seisulaineteguri võrdlus õhus. Mõlemal katsel kasutati võimsust 25 dBm (316 mW), signaaligeneraatori väljundvõimsust -5 dBm ja võimendit (vähemalt 30 dB).

Jooniselt on näha, et liim enamasti alandab SLT-d pisut, aga näit jääb sarnaseks. Muutus mõõtetulemustes on seda väärt, et proovik oleks veekindel.

2.2.5. Antenn

Antenni kasutatakse katses teisese kiirguse andmiseks veele. Antenn on tehtud prooviku jaoks pooleks lõigatud koaksiaalkaabli teisest poolest. Tabelis 5 toodud info kehtib ka siin. Antenn on disainitud 800 MHz-le, veerandlainepikkune, optimaalseks laineedastuseks. Selleks kasutati järgnevaid seoseid:

$$\epsilon_r(\text{vesi}) = 81$$

$$\mu_r(\text{vesi}) = 1$$

$$f = 800 \text{ MHz}$$

$\epsilon_r(\text{vesi})$ on vee suhteline dielektriline läbitavus, $\mu_r(\text{vesi})$ vee suhteline magnetiline läbitavus ja f sagedus.

$$n = \sqrt{\epsilon_r \mu_r} \quad (10)$$

Valemis 10 olev n tähistab keskkonna murdumisnäitajat.

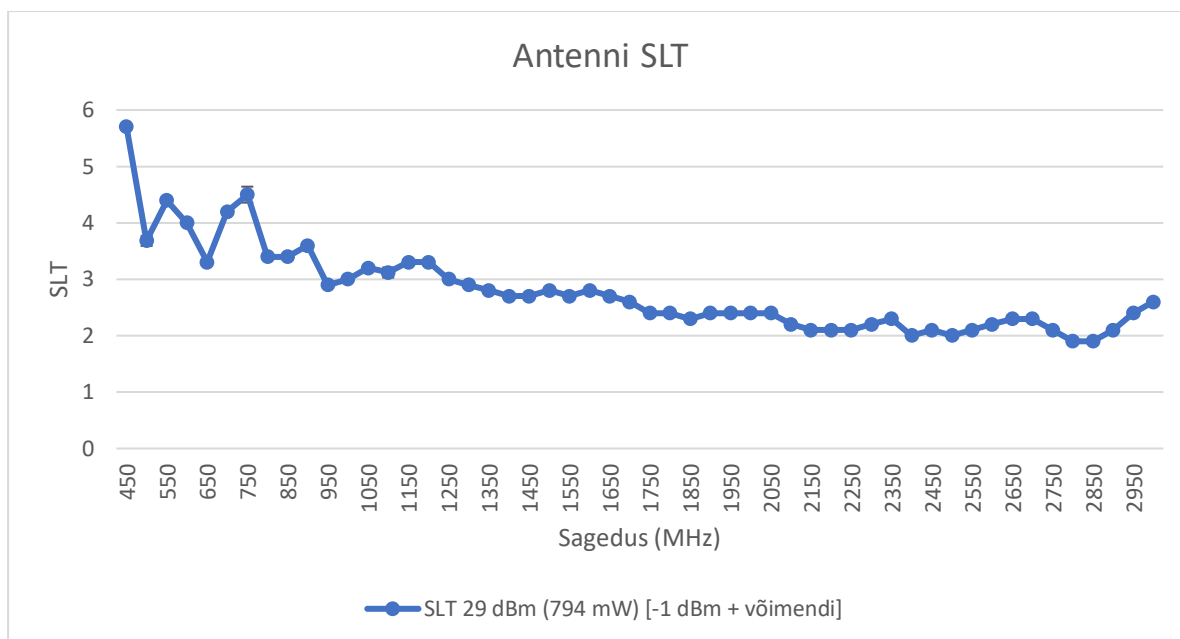
$$v = \frac{c}{n} \quad (11)$$

Valemis 11 tähistab v tähistab elektromagnetlaine levimiskiirust vees ja c valguskiirust vaakumis.

$$\lambda = \frac{v}{f} \quad (12)$$

Valemis 12 on λ lainepikkus.

Arvutuste põhjal on lainepikkuseks 4,16 cm, mis teeb veerandlaine antenni pikkuseks umbes 1 cm. Põhikatsese eelnevas testjärgus leiti, et kuna madalatel sagedustel on mõõtetulemused volatiilsemad, tuleks teisese kiirguse sagedus viia kõrgemale, et võimaliku sidestuse viga oleks selgelt nähtav. Uueks sageduseks valiti 2200 MHz, see on signaaligeneraatori SML 02 maksimaalne väljundsagedus. Antenni ei muudetud, kuna sellel sagedusel oli antenni SLT kahte ei ületa.



Joonis 9. Antenni seisulainetegur sageduse suhtes mõõdetud võimsusmõõtjaga. Langev võimsus 29 dBm (794 mW), mis saadi signaaligeneraatori väljundvõimsussel -1 dBm (0,79 mW) koostöös võimendiga.

2.2.6. Kast koos kaanega

Mõõtekeskkonnaks oli vesi ja seda hoiti kastis. Kast on risttahukas ja ühe otsaseina keskele ja ühte küljeseina puuriti auk antenni jaoks, teisese kiirguse andmiseks. Kasti kaane sisse puuriti auk prooviku jaoks. Kaas saeti kaheks tükiks, et prooviku paika panemisel oleks seda näha ja saaks võimalikult täpselt antenniga kohakuti sättida, kuna kasti kaanes esines teataval määral liikumisruumi. Antenn ja proovik olid fikseeritud kasti seinas ja kaanes veekindlate läbiviikudega. Kasti omadused on välja toodud tabelis 6.

Tabel 6. Kasti omadused [33].

Omadus	Laokast Euro
Mõõtmed (PxKxL)	800x410x400 mm
Maksimaalne maht	80 l
Maksimaalne kandevõime	45 kg

2.2.7. Juhtivusmõõtja

Vee omaduste fikseerimiseks kasutati juhtivusmõõtjat WTW Cond 3310 koostöös proovikuga TetraCon 325. Seade võimaldab mõõta erijuhtuvust ja temperatuuri. Katses on

oluline viimase mõõtmise, sellega seonduvad tehnilised näitajad on välja toodud tabelis 7.

Tabel 7. Juhtivusmõõtja tehnilised omadused [34].

Tehniline omadus	WTW Cond 3310 koos proovikuga TetraCon 325
Temperatuuri võimalik vahemik	-5 kuni +105 °C
Temperatuuri lahutusvõime	0,1

2.2.8. Tarkvara

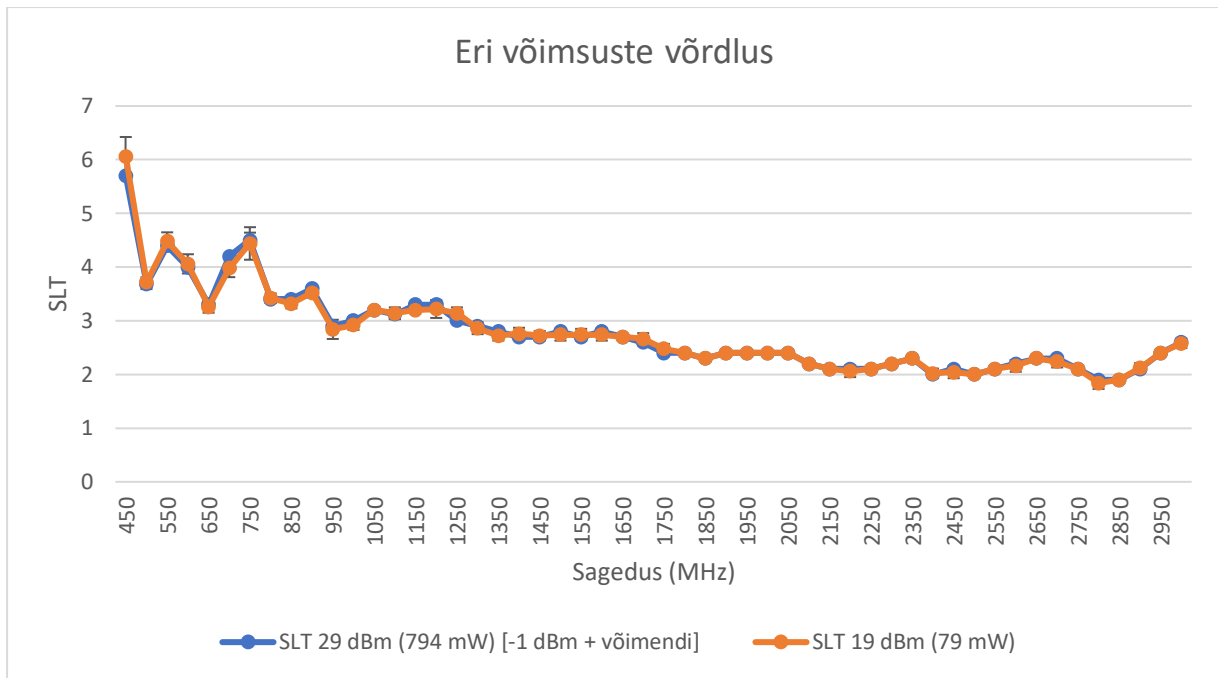
Võimsusmõõtja näidu kuvamiseks kasutatakse telefoni rakendust *Bird RF Meter*.

Andmetöötamiseks ja graafikute tekitamiseks on kasutusel *Microsoft Excel*, kuna sinna on mugav tulemusi registreerida ning programm oli autoril vabalt saadaval.

2.3. Katse käik

Nagu eelnevalt mainitud, tehakse mõõtmised sagedusvahemikus 450 kuni 3000 MHz. See tähendab, et prooviku küljes oleva signaaligeneraatori sagedust varieeritakse selles vahemikus 50 MHz sammuga. Prooviku signaaligeneraatori, SMC100A, väljundvõimsus jääb katse jooksul samaks, maksimaalseks, mis SMC100A suudab välja anda ehk 19 dBm (79 mW).

Tabelist 4 on näha, et võimsusmõõtja tootjapoolne minimaalne langenud võimsus peegeldunud signaali saamiseks on 100 mW. Kuna ligipääs on ühele võimendile ning see on vajalik kõrvalkiirguse andmiseks, tuleb testida, kas näit on võimalik saada ka madalamal võimsusel. Selle proovimiseks kontrollitakse võimsusmõõtja antud seisulaineteguri (SLT) näitu vees selle tööalas, üle 100 mW (794 mW) koos võimendiga ning ilma võimendita, signaaligeneraatori SMC100A maksimaalsel väljundvõimsusel (79 mW). Tulemused on esitatud joonisel 12.



Joonis 10. Seisulainetegurite võrdlus eri võimsustel. Sinine joon tähistab võimsusmõõtja ametlikus tööalas tehtud mõõtmist, kus väljundvõimsus, mis on saavutatud signaaligeneraatori väljundil -1 dBm (0.79 mW) koostöös võimendiga (vähemalt 30 dB), on 29 dBm (794 mW). Oranž joon on signaaligeneraatori maksimaalsel väljundvõimsusel, milleks on 19 dBm (79 mW), tehtud mõõtmine. Mõõtmised toimusid vees. Vearivad tähistavad kahte standardhälvet.

Jooniselt on näha, et tulemus jääb samaks, võimsusmõõtja kasutamine madalamal langeval võimsusel, kui tootja ette näeb, ei tekita mõõtmistulemustes arvestatavaid hälbeid.

Teisene kiirus antakse ühtlasel sagedusel, 2200 MHz, kuid signaali võimsust moduleeritakse. Võimendi võimendustegur on vähemalt 30 dB, tootjapoolselt võimendi sagedusgraafikult (Lisa 2), on näha, et võimendus 2200 MHz juures on ligikaudu 33 dB.

Valitud signaaligeneraatori SML 02 väljundvõimsused, mis on ühtlasi võimendi sisendvõimsusteks, on toodud tabelis 8. Samas tabelis on toodud võimendi väljundvõimsused, arvestades et sageduseks on 2200 MHz.

Tabel 8. Katses kasutatavad võimendi sisend- ja vastavad väljundvõimsused 2200 MHz juures.

Sisendvõimsus		Väljundvõimsus	
dBm	mW	dBm	mW
-33	0,0005	0	1
-29	0,001	4	2,5
-25	0,003	8	6,3
-21	0,008	12	15,8
-17	0,02	16	39,8
-13	0,05	20	100,0
-9	0,1	24	251,2
-5	0,3	28	631,0
-1	0,8	32	1584,9
3	2,0	36	3981,1
5	3,2	38	6309,6

Reeglina kasutatakse võimsuse iseloomustamiseks lineaarset ühikut, vatti (W). Käesolevas töös on siiani kasutatud ka detsibellmillivatti (dBm). Tegemist on logaritmilise ühikuga, mis näitab võimsust 1 mW suhtes. See on hea ühik suurte vahemike lühidaks kirjeldamiseks ning lihtne on arvutada võimendi panust. Millivati ja detsibellmillivati omavaheline suhestumine on toodud valemites 13 ja 14, vastavalt millivattidest detsibellmillivattideks arvutamise valem ja vastuspidine seos [35].

$$P_{dBm} = 10 \log (P_{mW}) \quad (13)$$

$$P_{mW} = 10^{(P_{dBm}/10)} \quad (14)$$

Edaspidi kasutatakse tulemuste presenteerimiseks ainult millivatte.

Tuleb teadustada, et need võimsused saadetakse läbi võimendi, mille maksimaalseks sisendvõimsuseks on 5 dBm (3,2 mW), kuna ülevalpool 1 dBm kompressioonipunkti ei ole mõtet võimendit kasutada [31].

Enne katse algust fikseeritakse prooviku ja antenni omavaheline asend. Selleks teibitakse kaablid väljaspool kasti vastavatesse asenditesse. Kasti kaane pool, kus proovikut pole, on eemaldatud. Kasti valatakse umbes 60l pöördosmoosvett. Kasti rohkem ei mahu, arvestades, et sangade augud vähendavad reaalselt kasti mahtu. Kuna kasti kandevõime on 45 kg, siis

pisut hakkavad kasti seinad kõverduma, pärast mida saab prooviku ja antenni asendi lõplikult paika panna. Mõõdetakse vee temperatuuri. Viimane märgitakse üles ka katse keskel ja lõpus. Vee temperatuuri mõõtmiseks kasutatakse juhtivusmõõtjat WTW Cond 3310 koostöös proovikuga TetraCon 325.

Katset alustatakse, lülitatakse sisse proovikuahel, mõõtetulemuse saamiseks esimesel sagedusel (450 MHz). Fikseeritakse näit ilma teisese kiirguseta. Seejärel lülitatakse sisse teine signaaligeneraator koos võimendiga, lisakiirguse jaoks. Märgitakse üles mõõt kasvavas joones, signaaligeneraatori väljundvõimsusel 0,0005 kuni 3,2 mW. Seejärel lülitatakse teisese kiirguse signaaligeneraatori väljund ja võimendi välja. Protsessi korratakse iga 50 MHz tagant kuni 3000 MHz-ni. Iga näidu saamiseks märgitakse üles viis väärtust, millest arvutatakse keskmine.

Lisaks eelnevalt mitte-antenni-tüüpi proovikuga saadud kahele katsele, mille tulemusi ei kasutatud, tehakse kaks katset. Ühes katses kogutakse andmed 52-l eri sagedusel, 12 eri võimsuse korral. Katsetel on erinev teisese kiirguse antenni asukoht. Ühe katse jooksul ühendusi ei muudeta ja mõõtmised tehakse järjest, samal päeval.

Eeldatakse, et vee dielektriline läbitavus väheneb, kui vett mõjutatakse teisese kiirgusega [3], [19]. Vastavalt valemile 7 peab seega dielektrilise läbitavuse vähenemisel vees mõõdetud seisulainetegur ruutvõrdeliselt suurenema.

3. Tulemused ja analüüs

3.1. Katse 1

Katse 1 puhul kasutatud prooviku ja antenni omavaheline asend on toodud skeemil 2. Mõõtmistulemused on toodud lisas 3.



Skeem 2. Prooviku ja antenni asend üksteise suhtes eest ja paremalt vaadates esimesel katsel

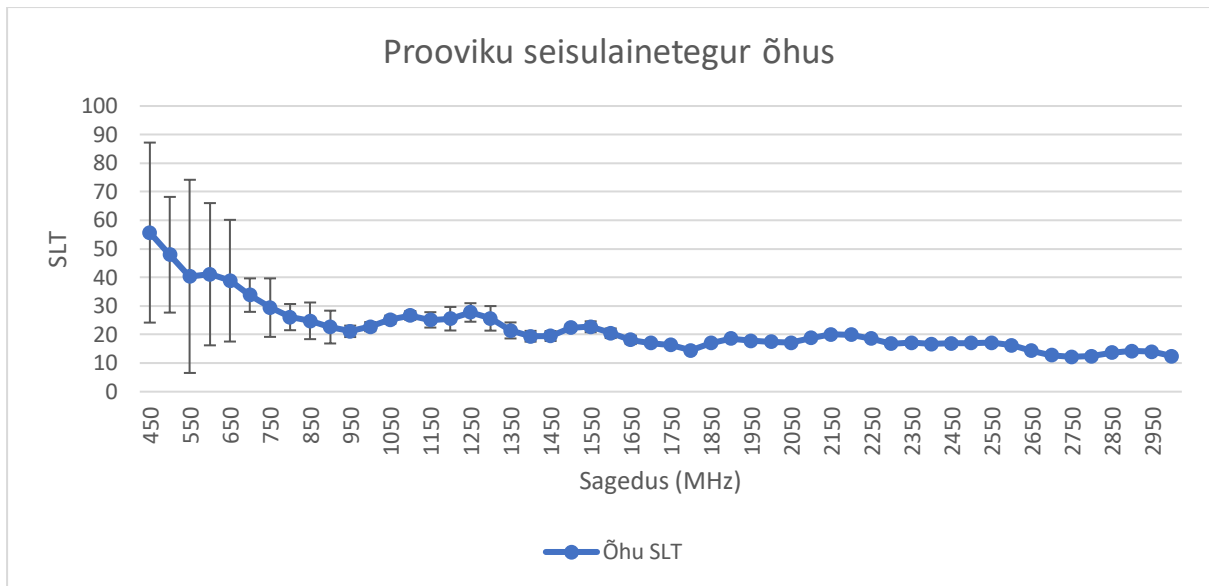
Katse viidi läbi, nagu kirjeldatud peatükis „Katse käik“. Prooviku ja antenni ots olid üksteisest umbes 5 cm kaugusel. Nii on nad üksteisele lähemal, kui kasti seintele ja seintest tulenevad peegeldused mõjutavad vähem. Joonise 3 põhjal on näha, et sageduse tõustes sumbuvus suureneb. Info vee kohta on toodud tabelis 9. Temperatuur fikseeriti, kuna on teada, et dielektriline läbitavus temperatuuri muutudes muutub, st viimane peaks olema võimalikult stabiilne.

Tabel 9. Vee temperatuur esimese katse puhul.

	Katse alguses	Katse keskel	Katse lõpus
Temperatuur (°C)	21,8	21,9	22

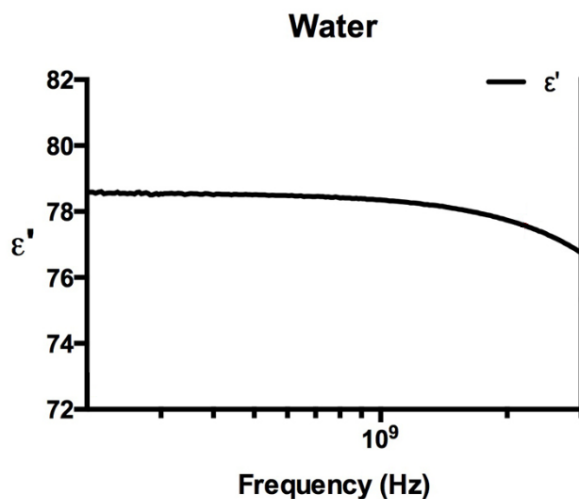
Väike temperatuuri muutus on tõenäoliselt tekkinud enne katset ja katse ajal tekkinud õhutemperatuuri tõusust, mille põhjustas ruumis olev, katset läbi viiv inimene. Nii väike muutus dielektrilist läbitavust oluliselt ei muuda [13], [25].

Eelnevalt on mõõdetud prooviku seisulainetegur õhus. Selle sageduslik sõltuvus on toodud joonisel 13.



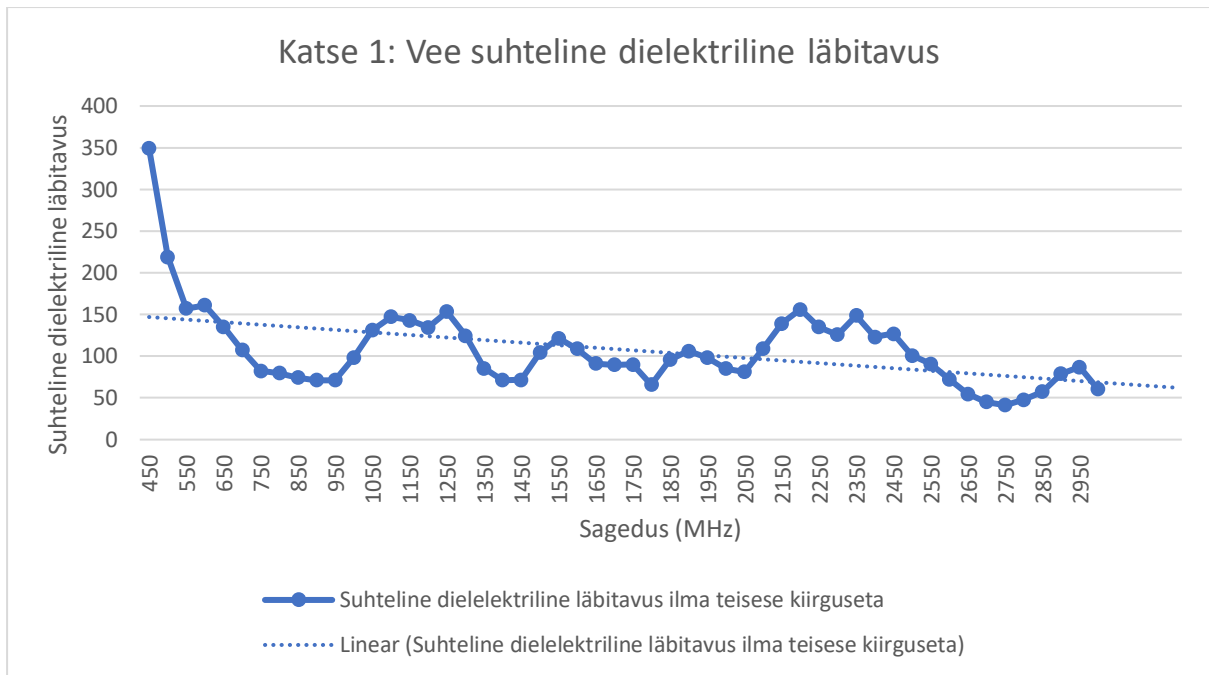
Joonis 11. Prooviku seisulainetegur õhus. Vearivad tähistavad kahte standardhälvet.

Graafikust saab järeldada, et seisulainetegur õhus on madalatel sagedustel kõikum. Seda meeles pidades ning peatükis „Matemaatilised seosed“ tuletatud valemit 7 kasutades on võimalik arvutada vee SLT ilma lisandkiirguseta veele. Kirjanduse põhjal on teada, et selles sagedusvahemikus on vee suhteline dielektriline läbitavus 81 ja 76 vahel, sageduse kasvades väiksem [13], [36], [37]. Näide kirjandusest suhtelise dielektrilise läbitavuse graafiku kohta vahemikus 0,2 kuni 3 GHz on toodud joonisel 14 [37].



Joonis 12. Näide suhtelise dielektrilise läbitavuse muutusest sageduse muutudes puhtas vees temperatuuril 25°C [37].

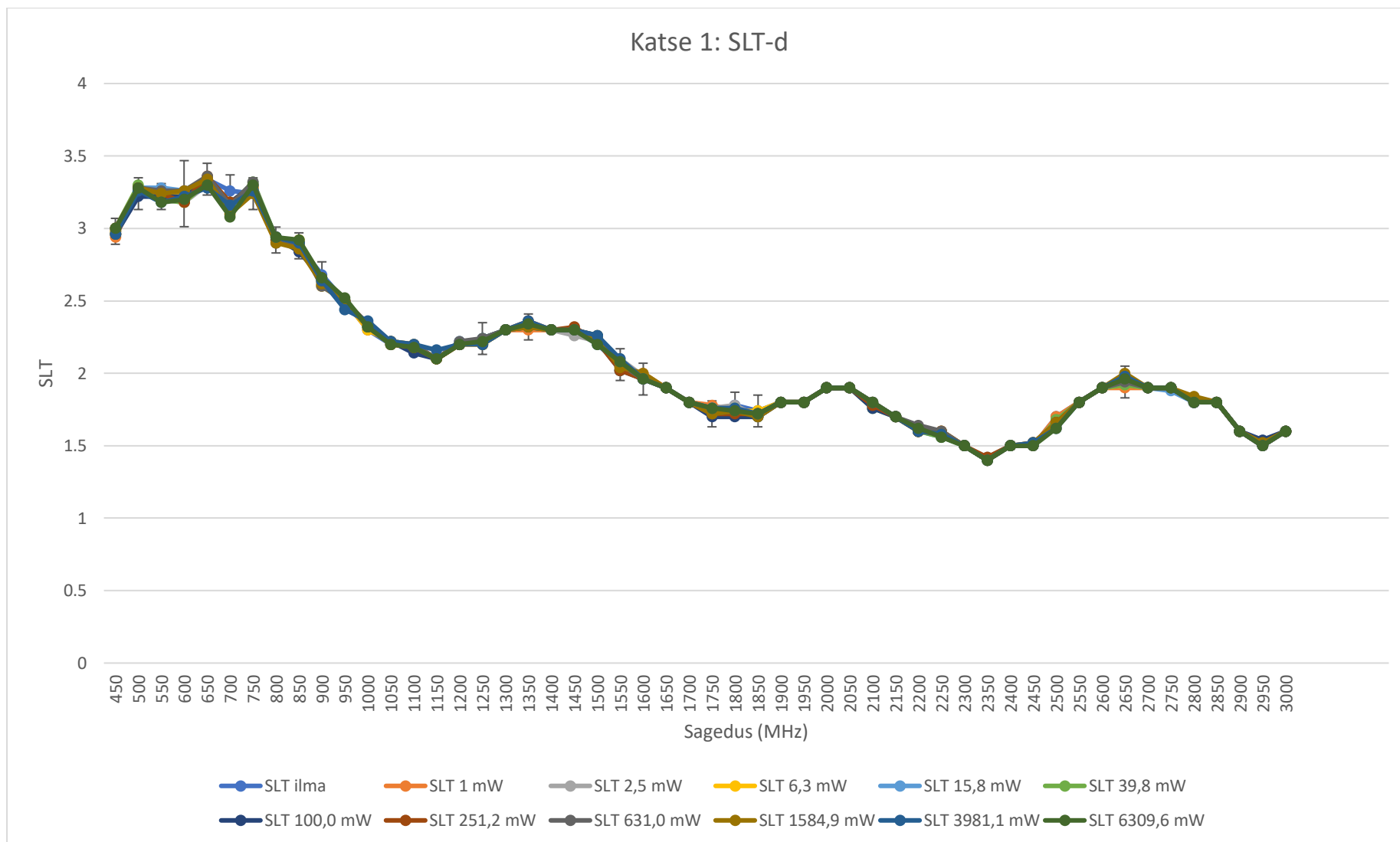
Mõõdetud õhu ja teisese kiirguseta vee seisulaineteguritest on arvatatud vee suhteline dielektriline läbitavus, mis on sageduse suhtes toodud joonisel 15.



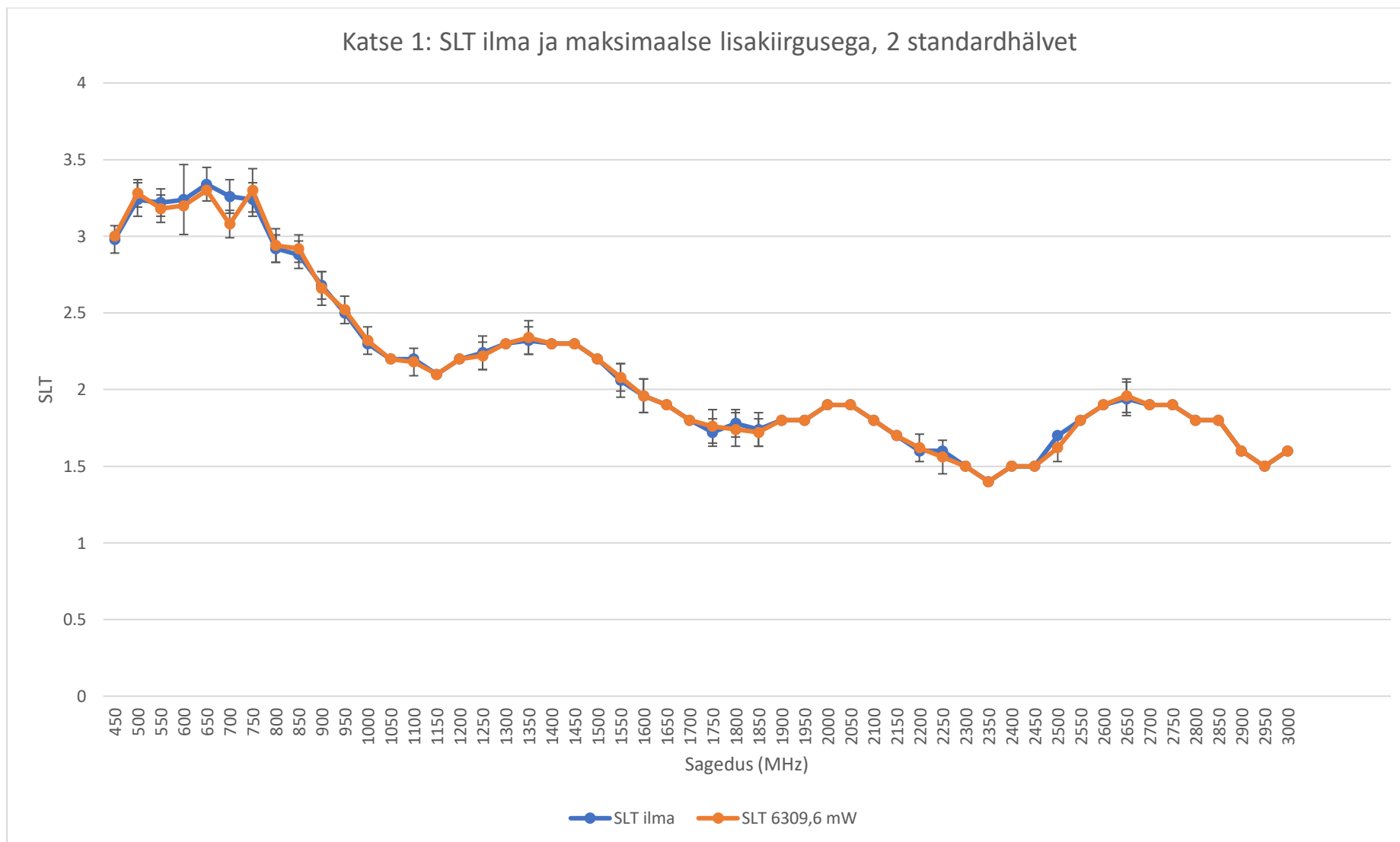
Joonis 13. Arvutatud suhteline dielektriline läbitavus õhu ja vee seisulaineteguri põhjal esimesel katsel.

Jooniselt 15 on näha, et arvutatud suhteline dielektriline läbitavus on palju kõikumav, kui see olema peaks. Põhjuseks on tõenäoliselt prooviku halb sobitus õhus, millest tulenevad peegeldused on tinginud ka õhu SLT näidu kõikumise. See on oluline kuna viimast kasutatakse lisaks vee seisulainetegurile suhtelise dielektrilise läbitavuse arutamiseks (valem 7). Dielektrilise läbitavuse ebastabiilne tulemus pole tingitud ainult suurest õhu SLT kõikumisest, mille stabiliseerumine toimub 900 MHz juures, suhteline dielektriline läbitavus on volatiilne ka pärast seda. Teiseks põhjuseks on mõõtemetodi ebasobilikkus madalate kadudega keskkondade jaoks [38], [39], mida õhk on [40]. Trendijoon näitab suhtelise dielektrilise läbitavuse langust sageduse kasvades, mis on küll õige, kuid langus on võrreldes kirjanduses tooduga väga järsk [13], [36], [37].

Sellest johtuvalt jäetakse tulemuste analüüsiks need suhteliseks dielektriliseks läbitavuseks arutamata ning omavahel võrreldakse otseseid mõõtetulemusi ehk seisulainetegurite väärtusi vees. Tulemused on toodud joonisel 16. Kuna teisese kiirguse võimsustasemeid on mitmeid, siis lisatakse ka joonis 17, kus on toodud ainult ilma lisakiirguseta ja maksimaalse teisese kiirgusega SLT graafik.



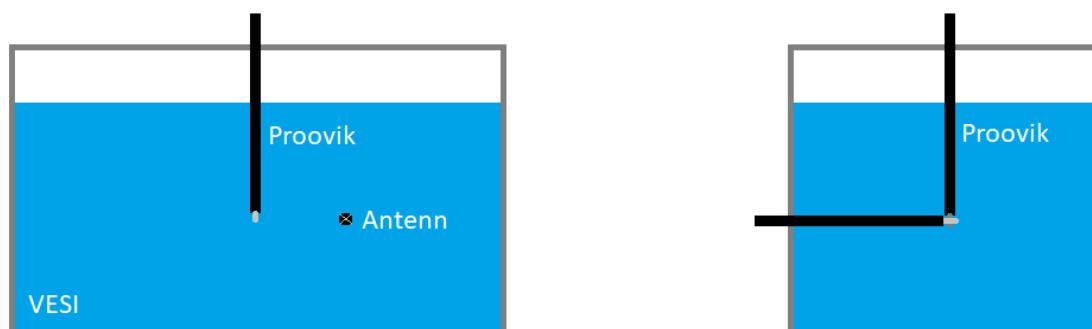
Joonis 14. Esimese katse käigus mõõdetud seisulainetegurid. SLT ilma tähistab SLT-d teisese kiirguseta. Võimsused SLT-de kõrval tähistavad mõõtmistel teisese kiirguse võimsusi. Vearibad näitavad ilma lisakiirguseta SLT-de kahte standardhälvet.



Joonis 15. Esimese katse puhul mõõdetud seisulainetegurid teisese kiirguse ja maksimaalse teisese kiirguse (6309,6 mW) puhul. Vearibad tähistavad kahte standardhälvet.

3.2. Katse 2

Teise katse puhul kasutatud antenni ja prooviku omavaheline paiknemine kastis on toodud skeemil 3. Mõõtmistulemused on toodud lisas 4.



Skeem 3. Prooviku ja antenni asend üksteise suhtes eest ja paremalt vaadates teisel katsel

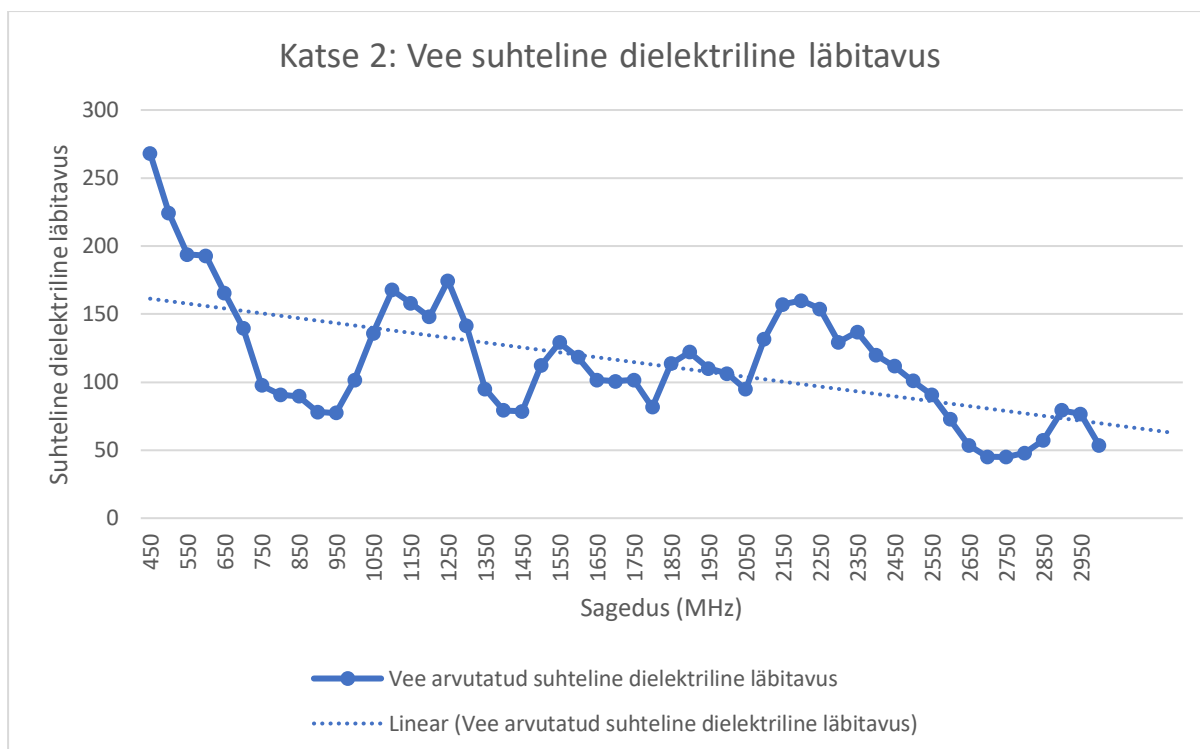
Katse viidi läbi, nagu kirjeldatud peatükis „Katse käik“. Prooviku ja antenni ots olid üksteisest umbes 6 cm kaugusel. Vee temperatuur teise katse jooksul on toodud tabelis 10.

Tabel 10. Vee temperatuur teise katse puhul.

	Katse alguses	Katse keskel	Katse lõpus
Temperatuur (°C)	22,3	22,2	22,2

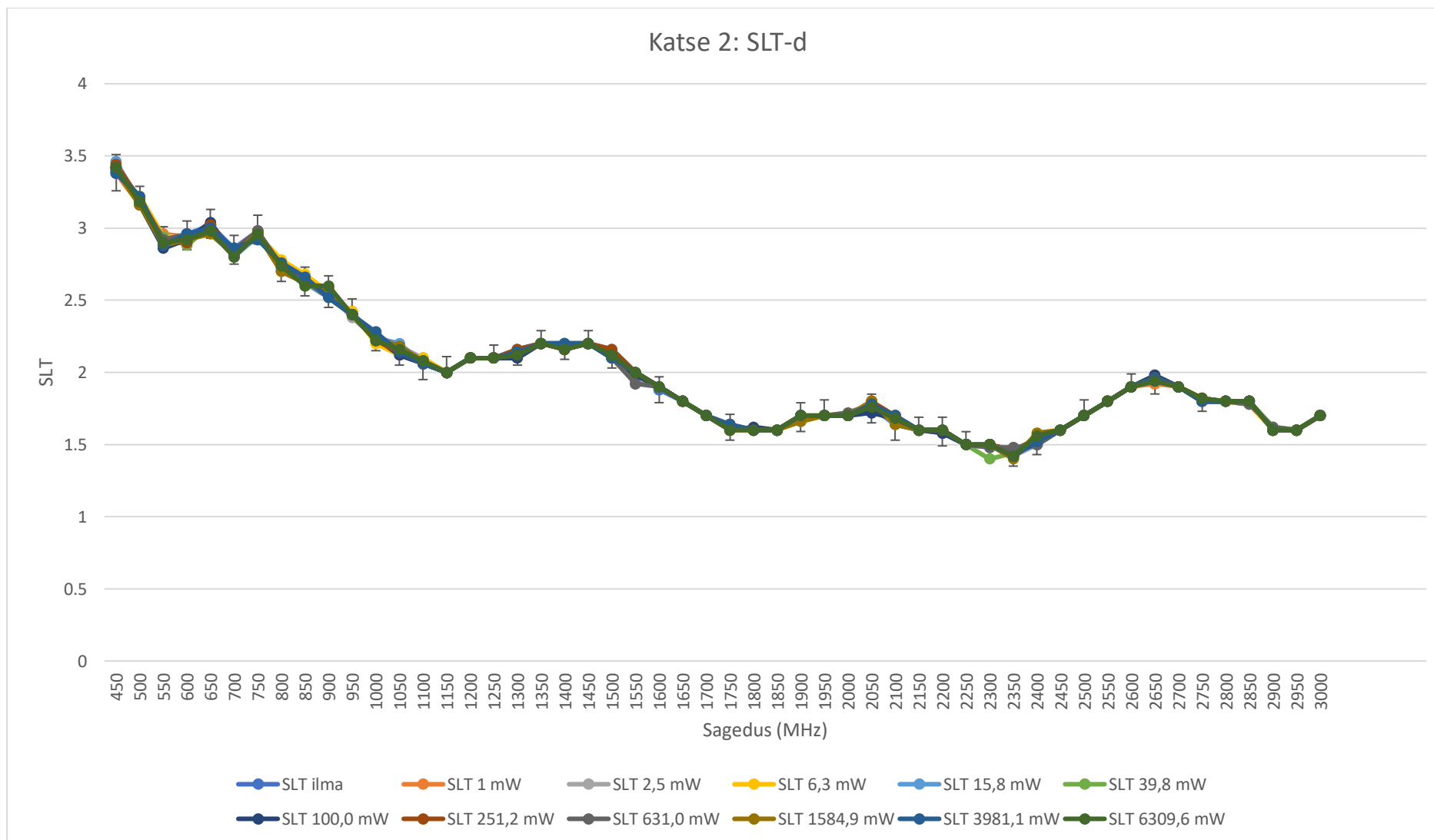
Teise katse ajal püsis temperatuur võrdlemisi stabiilne, katse alguses ja lõpus mõõdetud temperatuuri vahe on 0,1°C. Ruumi temperatuur oli võrreldes esimese katsega kõrgem, ruumis lisanduv inimene seda enam ei mõjutanud.

Kuna õhus mõõdetud SLT on sama, on ka vee dielektrilise läbitavuse graafik sarnane esimeses katses tooduga. Teise katse oma on joonisel 18.

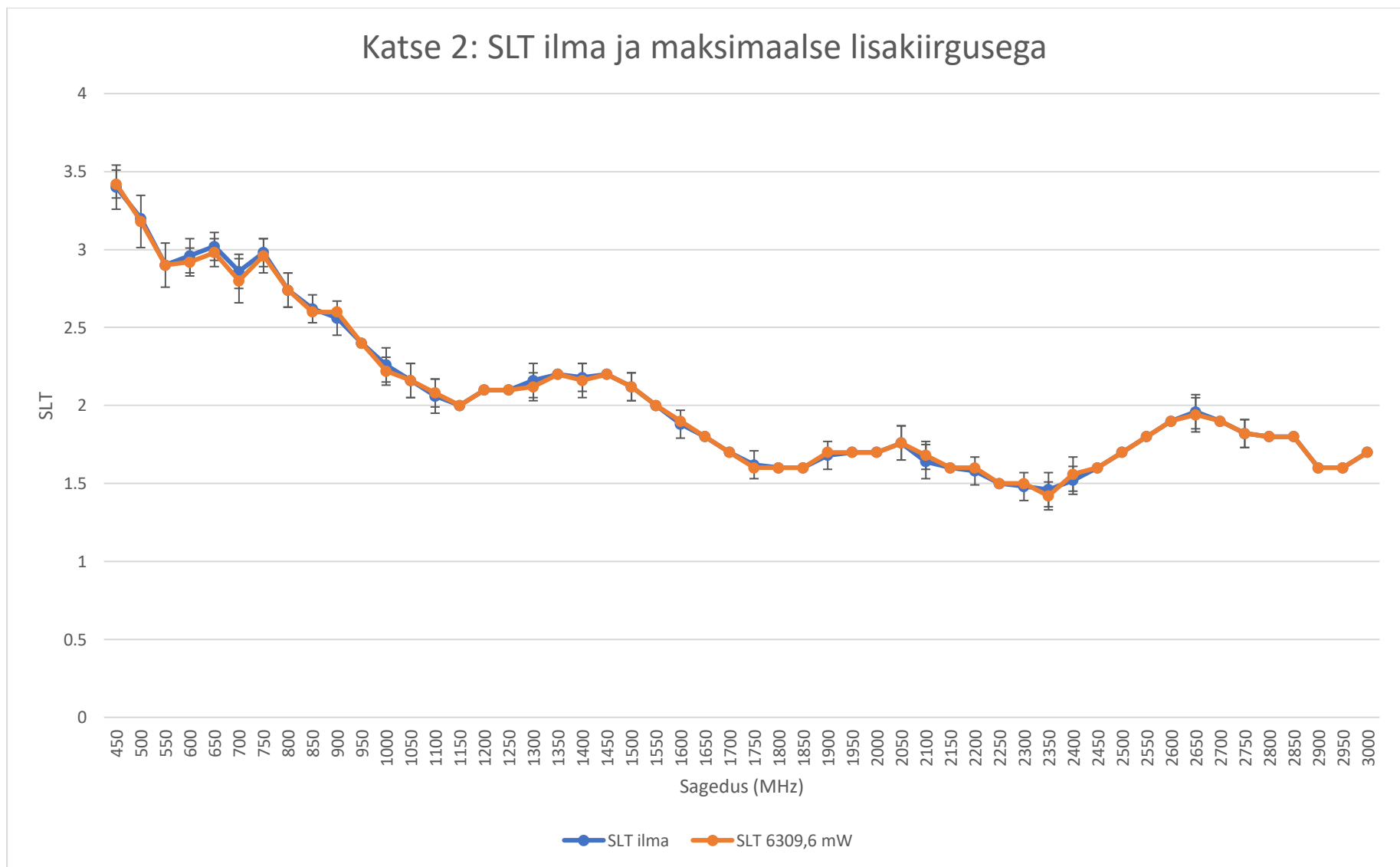


Joonis 16. Arvutatud suhteline dielektriline läbitavus õhu ja vee seisulaineteguri põhjal teisel katsel.

Kuigi pisut erinevad, õhu SLT-st tingitud kõikumised on sarnased esimeses katses arvutatud suhtelise dielektrilise läbitavusega. Sellest tulenevalt võrreldakse ka teise katse puhul mõõdetud seisulainetegureid vees. Samuti esitatakse kaks joonist kõikide (Joonised 19 ja 20) lisakiirguste võimsuste graafikutega ning ilma teisese kiirguse ja maksimaalse kiirguse graafikuga.



Joonis 17. Teise katse käigus mõõdetud seisulainetegurid. SLT ilma tähistab SLT-d teisese kiirguseta. Võimsused SLT-de kõrval tähistavad mõõtmistel teisese kiirguse võimsusi. Vearibad näitavad ilma lisakiirguseta SLT-de kahte standardhälvet.



Joonis 18. Teise katse puhul mõõdetud seisulainetegurid teise kiirguse ja maksimaalse teise kiirguse (6309,6 mW) puhul. Vearibad tähistavad kahte standardhälvet.

3.3. Tulemuste analüüs

Katse 1 ja 2 tulemused näitavad, et arvutatav vee suhtelise dielektrilise läbitavuse näit on ebastabiilne. See on põhjustatud prooviku halvast sobitusest, tulenevatest peegeldustest ja madalatel sagedustel mõõdetud SLT suurest kõikumistest õhu käes ning sellest, et mõõtemeetod ei sobi hästi õhu käes mõõtmiseks. Peegeldused mõjutavad tulemusi ka vees.

Eelnevatel põhjustel analüüsitakse tulemusi seisulainetegurite kujul. Selgelt on näha, et erinevust ilma teisese kiirguseta ja teisese kiirgusega mõõtetulemuste vahel pole.

Joonistel 17 kuni 20 olevate graafikute ning vearibade põhjal on võimalik järeldada, et antud konfiguratsioonis teisene kiirgus ei tekita prooviku poolt mõõdetavas seisulaineteguri näidus muutusi.

Hüpotees, mille järgi on juba elektriväljas olev vesi, mida kasutatakse bioloogilise koe lähendusena, teistsuguse dielektrilise läbitavusega kui vesi, mis ei ole väljas, käesolevas töös kinnitust ei leidnud.

Põhjuseid, miks polariseeritud vesi tulemusi ei mõjuta, võib olla mitmeid. Variant on, et kehtib vastandhüpotees, vee polariseerimine teisese, mõõteväljaga risti oleva väljaga, ei mõjuta kuidagi vee dielektrilist läbitavust. Väljade mõju keskkonnale ei sõltu teise välja olemasolust. On võimalik, et vee dipoolid pööravad ennast üheaegselt kahel sagedusel kahe telje ümber. Nähtuse olemasolu tõestuse puudumine ei tähenda nähtuse mitte-eksisteerimise tõestust.

Tulevikus saab uurida selliste nähtuste võimalikkust.

Kokkuvõte

Töö hüpoteesiks oli, et mõõtmisel tekitatud elektromagnetvälja ja teisese, mõõteväljaga risti oleva välja koosmõjul on mõõdetud vee suhteline dielektriline läbitavus erinev, kui veel, mis on ainult mõõtmisest tingitud väljas.

Teema aktuaalsus on põhjendatud inimese ümber olevate paljude eri mikrolainete olemasoluga. Eelnevalt on uuritud mikrolainete soojuslikku ja mitte-soojuslikku mõju inimesele, kuid mitte mitme välja olemasolul. See on realistlikum representatsioon päris elust, kus pole ainult ühte välja.

Katsekeskkonnaks oli pöördosmoosvesi. Mõõtemetodiks valiti lahtise otsaga koaksiaalprooviku meetod. Vette tekitati kaks ristuvat välja: mõõteväli ja teisene väli. Mõõtevälja puhul varieeriti sagedust vahemikus 450 kuni 3000 MHz, 50 MHz sammuga, kokku 52 eri sagedust. Teisese välja puhul muudeti võimsust 1 kuni 6309,6 mW, 12 eri võimsustasemel (koos ilma teisese kiirguseta).

Tulemustest arvatud suhteline dielektriline läbitavus oli hinnangu andmiseks liiga ebastabiilne. Selle põhjustas suure tõenäosusega õhu käes toimunud mõõtmiste tulemus. Tulenevalt kasutati võrdluseks otseseid mõõtetulemusi, seisulainetegureid.

Selgelt oli joonistelt näha, et töö hüpotees kinnitust ei leia.

Kasutatud kirjandus

- [1] M. Skolnik (2002), Role of Radar in Microwaves. IEEE Transactions on microwave theory and techniques, vol. 50, no. 3, 625-632.
- [2] S. LeVine (2009), The Active Denial System A Revolutionary, Non-lethal Weapon for Today's Battlefield. Center for Technology and National Security Policy National Defense University.
- [3] K. Pilt, K. Meigas (2012), Mikrolaine- ja optiline tehnika: Loengumaterjalid biomeditsiinitehnika ja meditsiinifüüsika magistriõppe üliõpilasele, Tallinna Tehnikaülikooli kirjastus, Tallinn.
- [4] G.C. Goats (1990), Microwave diathermy. British Journal of Sports Medicine; Vol 24, No. 4, 212-218.
- [5] C. L. Brace (2010), Microwave Tissue Ablation: Biophysics, Technology and Applications. Critical Reviews in Biomedical Engineering 38(1): 65-78.
- [6] RadiologyInfo kodulehekülj (2019), Radiofrequency Ablation (RFA) / Microwave Ablation (MWA) of Liver Tumors. Kasutatud 20.04.2020.
<https://www.radiologyinfo.org/en/info.cfm?pg=rfaliver>
- [7] J. Sachs, S. Ley, T. Just, S. Chamaani, M. Helbig (2018), Differential Ultra-Wideband Microwave Imaging: Principle Application Challenges. Sensors 2018, 18, 2136.
- [8] Keysight technologies kodulehekülj, Basics of Measuring the Dielectric Properties of Materials. Külastatud 10.04.2020. <https://www.keysight.com/zz/en/assets/7018-01284/application-notes/5989-2589.pdf>
- [9] B. Daout, M, Sallin (2014), Measurement of Complex Permittivity of Large Concrete Samples with an Open-Ended Coaxial Line. Montena Technology.
- [10] F. Daschner, R. Knöchel (2005), Determination of the Composition of Foodstuffs Using Microwave Dielectric Spectra. Electromagnetic Aquametry. Springer, Berlin, 443-464.
- [11] S. O. Nelson, S. Trabelsi (2005), Permittivity Measurements and Agricultural Applications, Electromagnetic Aquametry. Springer, Berlin, 419-442.
- [12] W. J. Ellisona (2007), Permittivity of Pure Water, at Standard Atmospheric Pressure, over the Frequency Range 0–25THz and the Temperature Range 0–100°C. Journal of Physical and Chemical Reference Data 36, 1.
- [13] U. Kaatze (1989), Complex Permittivity of Water as a Function of Frequency and Temperature, Journal of Chemical & Engineering Data a 1989, 34, 371-374.

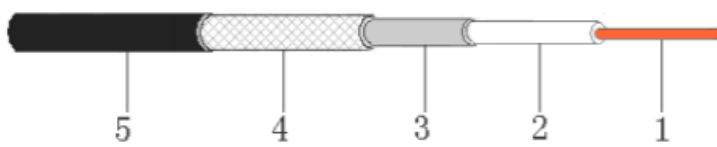
- [14] ICNIRP kodulehekülg (2020), Frequency range and use, Kasutatud 20.04.2020. <https://www.icnirp.org/en/frequencies/radiofrequency/index.html>
- [15] IARC (2011), IARC classifies radiofrequency electromagnetic fields as possible carcinogenic to humans. Pressiteade N° 208, 31. Mai 2011.
- [16] H. Hinrikus, M. Bachmann, R. Tomson, J. Lass (2005), Non-thermal effect of microwave radiation on human brain. *The Environmentalist*, 25, 187-194.
- [17] H. Hinrikus, J. Karpowicz, J. Naarala (2018), Special Issue: Electromagnetic fields in biology and medicine, *International Journal of Radiation Biology*, 94:10, 873-876.
- [18] H. Hinrikus, M. Bachmann, J. Lass (2018), Understanding Physical Mechanism of Low-Level Microwave Radiation Effect. *International Journal of Radiation Biology*, 2018 Oct; 94(10):877-882.
- [19] H. Hinrikus, J. Lass, D. Karai, K. Pilt, M. Bachmann (2015), Microwave effect on diffusion: a possible mechanism for non-thermal effect. *Electromagnetic Biology and Medicine*, 2015; 34(4): 327-333.
- [20] H. Föll (2019), *Electronic Materials*, Kieli Christian Albrechti Ülikooli kodulehekülg. Kasutatud 05.05.2020. https://www.tf.uni-kiel.de/matwis/amat/elmat_en/kap_3/backbone/r3_2_4.html
- [21] C. Gabriel (1996), *Compilation of the Dielectric Properties of Body Tissues at RF and Microwave Frequency*. Report N.AL/OE-TR- 1996-0037, Occupational and environmental health directorate, Radiofrequency Radiation Division, Brooks Air Force Base, Texas (USA).
- [22] Rohde ja Schwarz kodulehekülg (2012), *Measurement of Dielectric Material Properties Application Note*. Kasutatud 20.04.2020. https://cdn.rohde-schwarz.com/pws/dl_downloads/dl_application/00aps_undefined/RAC-0607-0019_1_5E.pdf
- [23] P. F. Espin-Lopez, M. Pasian, M. Barbolini, F. Dell'Acqua (2018), Snow Cover Monitoring Using Microwave Radars: Dielectric Characterization, Fabrication, and Testing of a Synthetic Snowpack. *IGARSS 2018 - 2018 IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium*.
- [24] Electronics notes kodulehekülg (2019), *Quality Factor / Q Factor; formulas and equations*. Kasutatud 20.04.2020. https://www.electronics-notes.com/articles/basic_concepts/q-quality-factor/basics-tutorial-formula.php
- [25] N. Gavish, K. Promislow (2016), Dependence of the dielectric constant of electrolyte solutions on ionic concentration - a microfield approach. *Physical Review E* 2016 Jul;94(1-1):012611.
- [26] J. A. Boales, F. Mateen, P. Mohanty (2017), Optical wireless information transfer with nonlinear micromechanical resonators. *Microsystems & Nanoengineering* 2017; 3: 17026.
- [27] Commotion kodulehekülg, *Learn Wireless Basics*. Kasutatud 05.05.2020. <https://commotionwireless.net/docs/cck/networking/learn-wireless-basics/>

- [28] Rohde ja Schwarz kodulehekül, Signal generator R&S SML02 operating manual, külatatud 20.04.2020. https://scdn.rohde-schwarz.com/ur/pws/dl_downloads/dl_common_library/dl_manufacturers/gb_1/s/sml_1/SML_SMV__e_gl.pdf
- [29] Rohde ja Schwarz kodulehekül, R&S SMC100A signal generaator. Külatatud 20.04.2020. https://www.rohde-schwarz.com/se/product/smc100a-productstartpage_63493-10181.html
- [30] Kuhne electronic kodulehekül, KU PA BB 005300-3 A, RF Broadband Power Amplifier. Kasutatud 20.04.2020. <https://shop.kuhne-electronic.com/kuhne/en/shop/power-amplifiers/KU+PA+BB+0053003+A++RF+Broadband+Power+Amplifier/?card=507>
- [31] Keysight technologies kodulehekül, What is the meaning of P1dB and Psat as stated in amplifier specifications? Kasutatud 20.04.2020. <https://www.keysight.com/main/editorial.jsp?ckey=1458206&id=1458206&nid=-11143.0.00&lc=eng&cc=EE>
- [32] Bird RF kodulehekül, 5018D. Kasutatud 20.04.2020. <https://birdrf.com/en/Products/Sensors/RF-Power-Sensors/RF-Power-Sensors/5018D-Wideband-Power-Sensor.aspx>
- [33] AJ Tooted kodulehekül, Laokast Euro, 80 l, 600 x 400 x 410 mm. Külastatud 20.04.2020. <https://www.ajtooted.ee/ladu-ja-toostus/ladu/laokastid/plastkast/18522742-19455813.wf?productId=19436383>
- [34] Geotech kodulehekül, WTW Cond 3310 IDS Operating Manual (2013). Kasutatud 20.04.2020. http://www.geotechenv.com/Manuals/WTW_Manuals/WTW_Cond_3310.pdf
- [35] ISA Publications (2002), dB vs. dBm. InTech Magazine Nov 2002.
- [36] N. D. Pavlov, Y. A. Baloshin (2015), Electromagnetic properties of water on GHz frequencies for medicine tasks and metamaterial applications. Journal of Physics: Conference Series 643 012047
- [37] M. V. Pavan Raja, A. R. Barron (2020), Physical Methods in Chemistry and Nano Science: 2.9: Electrical Permittivity Characterization of Aqueous Solutions,
- [38] B. O. Riera (2016), Permittivity measurements using coaxial probes. Kraaditöö, Kataloonia polütehniline ülikool.
- [39] S. O. Nelson (1999), Dielectric properties measurement techniques and applications. American Society of Agricultural Engineers vol. 42(2): 523-529.
- [40] Keysight technologies kodulehekül, Loss tangent. Kasutatud 15.04.2020. http://literature.cdn.keysight.com/litweb/pdf/genesys200801/elements/substrate_tables/tablelossstan.htm

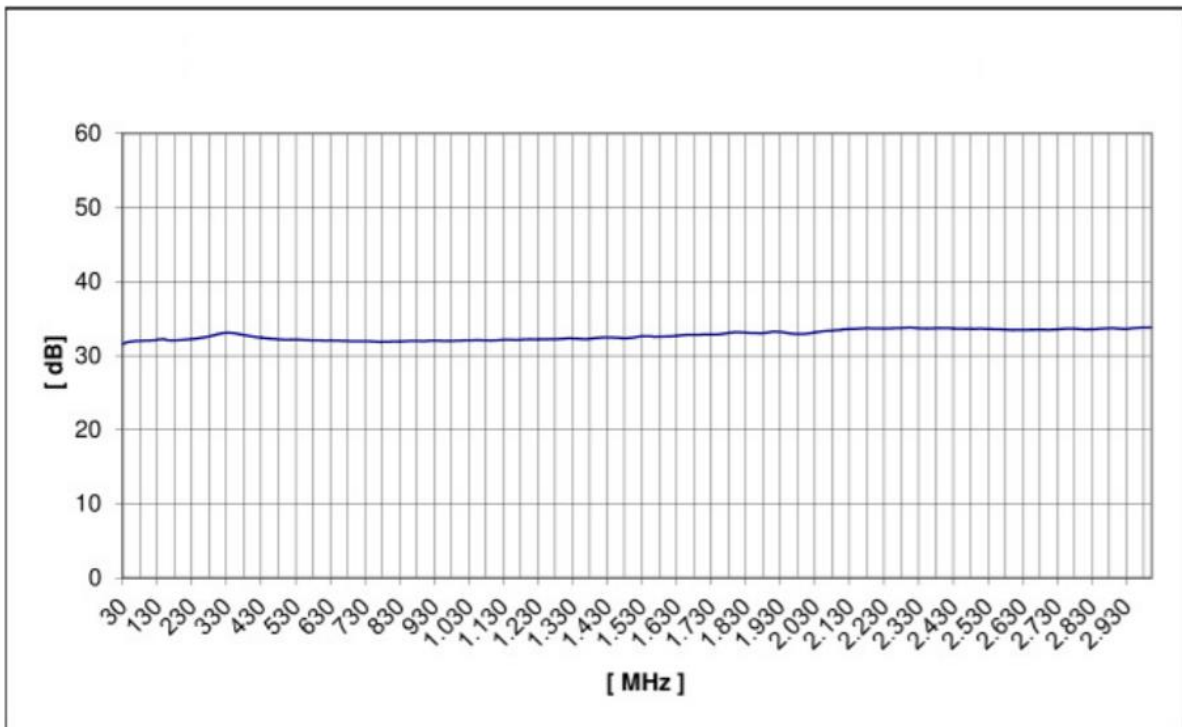
Lisad

Lisa 1. Koaksiaalkaabli tehnilised parameetrid

数据 Technical data of product

电缆名称 Name of cable	发泡聚乙烯绝缘同轴电缆 Radio frequency cables with Foam polyethylene dielectric			
电缆型号 Type of cable	LSR400(LMR400)	执行标准 Standard	-	
一、产品结构图 Structure diagram of product				
				
二、产品规格尺寸 Size of product				
序号 No.	项目 Item	结构 Structure	材质 Material	颜色 Color
1	内导体 Inner conductor	2.74±0.02mm	铜包铝 CCA	黄色 Yellow
2	绝缘层 Insulation	7.24±0.2mm	发泡聚乙烯 Foam PE	白色 White
3	纵包 Folia	7.50±0.2 mm	铝箔 Aluminum foil	银灰色 Silver gray
4	编织丝 Wire braid	144*0.15mm	镀锡铜丝 TC	银灰色 Silver gray
5	外护层 Jacket	10.30±0.2 mm	聚氯乙烯 PVC	黑色 Black
6	标志 Making	LSR400 ***m		
三、产品物理电气性能 Electrical physical and properties of product				
项目 Item	单位 Unit	典型值 Value		
电容 Capacitance	pF/m	79±3		
阻抗 Impedance	Ω	50±2		
速率 Velocity ratio	%	87		
弯曲半径 Bent radius	mm	50		
最大工作电压 Max voltage	VMS	1500		
最大工作频率 Max Frequency	MHz	3000		
温度范围 Temperature scope	℃	-20 ~ +80		
衰减计算值 (25℃, SWR=1.0), 实测 值允许 10%的偏差。 Calculate Attenuation at 25℃、SWR=1.0, The measured values allow 10% of the deviation	30MHz	dB/100m	2.2	
	50MHz	dB/100m	2.9	
	150MHz	dB/100m	5.0	
	220MHz	dB/100m	6.1	
	450MHz	dB/100m	8.9	
	900MHz	dB/100m	12.8	
	1500MHz	dB/100m	16.8	
	1800MHz	dB/100m	18.6	
	2000MHz	dB/100m	19.6	
2500MHz	dB/100m	22.2		
5800MHz	dB/100m	35.5		

Lisa 2. Võimendi võimenduse sagedusgraafik



Lisa 3. Esimese katse mõõtetulemused

MHz	ilma SLT					SLT 1 mW					SLT 2,5 mW					SLT 6,3 mW				
450	3	2.9	3	3	3	2.9	2.9	3	3	2.9	3	2.9	3	3	3	3	3	3	3	2.9
500	3.3	3.2	3.2	3.3	3.2	3.2	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	3.2	3.3	3.2	3.2	3.3	3.2	3.4	3.2
550	3.2	3.2	3.2	3.2	3.3	3.3	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.3	3.2	3.3	3.3	3.2
600	3.2	3.2	3.3	3.4	3.1	3.3	3.3	3.2	3.3	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.1	3.2	3.2	3.2	3.3	3.3
650	3.3	3.3	3.4	3.4	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	3.4	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	3.4	3.3
700	3.2	3.3	3.3	3.3	3.2	3.2	3.1	3.1	3.1	3.2	3.1	3.1	3.2	3.1	3.2	3.2	3.1	3.2	3.2	3.2
750	3.2	3.3	3.2	3.2	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	3.2	3.2	3.2	3.3	3.3	3.2	3.3	3.3	3.3	3.3
800	2.9	2.9	2.9	2.9	3	2.9	2.9	2.9	3	3	3	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9	3	2.9	2.9
850	2.9	2.9	2.9	2.9	2.8	2.9	2.9	2.8	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9	3	2.9	2.9	2.9	2.9
900	2.7	2.7	2.7	2.7	2.6	2.6	2.7	2.6	2.6	2.7	2.6	2.7	2.7	2.7	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6
950	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
1000	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.4	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3
1050	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.3	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.3	2.2	2.2	2.2
1100	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.1	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.1	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2
1150	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1
1200	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2
1250	2.2	2.2	2.2	2.3	2.3	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.3	2.3	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2
1300	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3
1350	2.3	2.3	2.3	2.3	2.4	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.4	2.3	2.3	2.3	2.4	2.3	2.3	2.4	2.3	2.3
1400	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3
1450	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.2	2.2	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3
1500	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.3	2.2	2.2	2.3	2.3	2.2	2.2	2.2	2.2	2.3	2.3	2.2	2.2	2.3	2.2
1550	2	2	2.1	2.1	2.1	2.1	2	2	2.1	2	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2	2	2.1
1600	2	1.9	2	2	1.9	2	2	2	2	2	2	2	1.9	2	2	2	2	1.9	2	2
1650	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9
1700	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8
1750	1.7	1.7	1.7	1.8	1.7	1.8	1.8	1.7	1.8	1.8	1.7	1.7	1.8	1.8	1.8	1.7	1.8	1.8	1.7	1.7
1800	1.8	1.7	1.8	1.8	1.8	1.8	1.7	1.7	1.7	1.8	1.7	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.7	1.7	1.7
1850	1.7	1.7	1.7	1.8	1.8	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.8	1.8
1900	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8
1950	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8
2000	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9
2050	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9
2100	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8
2150	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7
2200	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6
2250	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6
2300	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
2350	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.5	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4
2400	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
2450	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
2500	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.6	1.7	1.7	1.7	1.6	1.7	1.7	1.7	1.6	1.6
2550	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8
2600	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9
2650	1.9	1.9	2	2	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	2	2	2	2	2	1.9	1.9	1.9	1.9
2700	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9
2750	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9
2800	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.9
2850	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8
2900	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6
2950	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
3000	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6

MHz	SLT 15,8 mW					SLT 39,8 mW					SLT 100,0 mW					SLT 251,2 mW				
450	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2.9	3	2.9	3	3	3	3	3.1	3	2.9
500	3.3	3.3	3.3	3.2	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	3.2	3.2	3.2	3.2	3.4	3.3	3.2	3.3	3.2
550	3.3	3.2	3.3	3.3	3.3	3.2	3.2	3.3	3.2	3.1	3.2	3.2	3.3	3.2	3.2	3.3	3.3	3.2	3.2	3.2
600	3.2	3.2	3.4	3.3	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.1	3.1	3.2	3.3	3.2	3.3	3.3	3.2	3.1	3.1	3.2
650	3.3	3.4	3.4	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	3.4	3.4	3.3	3.4	3.4	3.2	3.3	3.4	3.4	3.4	3.3
700	3.1	3.2	3.1	3.1	3.2	3.1	3.2	3.2	3.2	3.1	3.2	3.1	3.2	3.1	3.3	3.2	3.3	3.2	3.1	3.1
750	3.3	3.3	3.3	3.2	3.2	3.3	3.3	3.3	3.3	3.4	3.2	3.3	3.4	3.3	3.3	3.2	3.3	3.3	3.3	3.3
800	2.9	3	3	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9	3	3	2.9	2.9	3	3	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9	3
850	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9	2.8	2.9	2.9	3	2.9	2.9	2.8	2.8	2.8	2.9	2.9	2.9	2.8	2.8	2.9
900	2.6	2.7	2.6	2.7	2.7	2.6	2.6	2.6	2.7	2.7	2.7	2.7	2.6	2.7	2.6	2.7	2.6	2.6	2.7	2.7
950	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
1000	2.3	2.3	2.4	2.3	2.3	2.3	2.3	2.4	2.3	2.3	2.3	2.4	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.4	2.4
1050	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.3	2.2	2.2	2.3	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2
1100	2.1	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.1	2.2	2.1	2.1	2.2	2.2	2.1	2.2	2.2	2.1	2.2	2.2
1150	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1
1200	2.2	2.2	2.2	2.2	2.3	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2
1250	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.3	2.2	2.3	2.2	2.2	2.3	2.2	2.3	2.2	2.2	2.2	2.2	2.3	2.2	2.2
1300	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3
1350	2.3	2.3	2.4	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.4	2.4	2.3	2.3	2.3	2.4	2.3	2.4	2.4	2.3	2.3	2.4
1400	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3
1450	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.4
1500	2.2	2.2	2.2	2.2	2.3	2.3	2.3	2.3	2.2	2.2	2.2	2.3	2.3	2.2	2.3	2.3	2.2	2.2	2.2	2.2
1550	2	2	2	2	2.1	2	2.1	2	2	2	2.1	2	2	2	2	2	2	2	2.1	2
1600	2	2	1.9	2	2	2	2	1.9	2	2	2	2	2	1.9	1.9	1.9	1.9	2	2	2
1650	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9
1700	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8
1750	1.8	1.7	1.7	1.8	1.8	1.7	1.8	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.8	1.7
1800	1.7	1.8	1.7	1.7	1.7	1.7	1.8	1.7	1.8	1.8	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.8	1.7	1.7
1850	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.8
1900	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8
1950	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8
2000	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9
2050	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9
2100	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.7	1.7	1.8	1.8	1.8	1.8	1.7	1.8	1.8	1.7	1.8	1.8	1.7	1.8	1.8
2150	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7
2200	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6
2250	1.6	1.5	1.5	1.6	1.6	1.5	1.5	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.5	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6
2300	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
2350	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.5	1.4	1.4
2400	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
2450	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
2500	1.7	1.6	1.6	1.7	1.7	1.7	1.7	1.6	1.7	1.7	1.6	1.6	1.7	1.7	1.7	1.6	1.7	1.6	1.7	1.7
2550	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8
2600	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9
2650	1.9	1.9	2	1.9	2	1.9	1.9	1.9	2	1.9	2	1.9	2	2	2	1.9	2	2	2	2
2700	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9
2750	1.9	1.9	1.9	1.9	1.8	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9
2800	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8
2850	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8
2900	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6
2950	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.6	1.5	1.5	1.5	1.5	1.6	1.6	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
3000	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6

MHz	SLT 631,0 mW					SLT 1584,9 mW					SLT 3981,1 mW					SLT 6309,6 mW				
450	3	3	2.9	2.9	3	3	2.9	3	3	2.9	3	3	3	2.9	2.9	3	3	3	3	3
500	3.3	3.4	3.3	3.2	3.2	3.3	3.2	3.3	3.3	3.3	3.3	3.2	3.3	3.3	3.2	3.3	3.3	3.2	3.3	3.3
550	3.2	3.2	3.3	3.3	3.3	3.2	3.2	3.3	3.3	3.2	3.2	3.2	3.2	3.1	3.1	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2
600	3.2	3.2	3.2	3.3	3.4	3.3	3.3	3.3	3.2	3.2	3.3	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2
650	3.3	3.4	3.4	3.3	3.4	3.3	3.4	3.5	3.3	3.2	3.3	3.2	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3
700	3.1	3.1	3.2	3.3	3.1	3.1	3.1	3.1	3.1	3.1	3.2	3.1	3.1	3.2	3.2	3.1	3.1	3.1	3	3.1
750	3.4	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	3.2	3.2	3.2	3.2	3.3	3.3	3.2	3.3	3.4	3.3	3.2	3.3	3.3
800	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9	2.8	2.9	3	3	3	2.9	2.9	2.9	3	3
850	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9	2.8	2.8	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9	3	2.9	2.9	2.9	2.9
900	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6	2.7	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6	2.7	2.7	2.6	2.6	2.7	2.7	2.6	2.7	2.6
950	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.2	2.5	2.5	2.5	2.6	2.5	2.5	2.5	2.5
1000	2.3	2.3	2.3	2.4	2.4	2.3	2.3	2.3	2.3	2.4	2.3	2.4	2.4	2.4	2.3	2.3	2.4	2.3	2.3	2.3
1050	2.2	2.2	2.2	2.2	2.3	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.3	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2
1100	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.1	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.1
1150	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.2	2.2	2.1	2.1	2.2	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1
1200	2.2	2.2	2.3	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.3	2.2
1250	2.2	2.3	2.3	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.3	2.2
1300	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3
1350	2.4	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.4	2.3	2.4	2.4	2.4	2.3	2.3	2.3	2.4	2.3	2.4	2.3
1400	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3
1450	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3
1500	2.2	2.2	2.3	2.2	2.3	2.3	2.3	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.3	2.3	2.3	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2
1550	2.1	2.1	2.1	2	2	2	2.1	2.1	2	2	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2
1600	1.9	2	2	2	1.9	2	2	2	2	2	1.9	2	2	2	1.9	1.9	1.9	2	2	2
1650	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9
1700	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8
1750	1.7	1.7	1.7	1.7	1.8	1.7	1.7	1.7	1.8	1.7	1.8	1.8	1.8	1.7	1.7	1.7	1.8	1.8	1.8	1.7
1800	1.7	1.7	1.7	1.8	1.8	1.7	1.8	1.7	1.7	1.8	1.8	1.8	1.8	1.7	1.7	1.8	1.7	1.7	1.7	1.8
1850	1.8	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.8	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.8
1900	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8
1950	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8
2000	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9
2050	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9
2100	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8
2150	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7
2200	1.6	1.6	1.7	1.7	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.7	1.6	1.6
2250	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.5	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.5	1.6	1.6	1.6	1.5	1.6	1.5
2300	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
2350	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4
2400	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
2450	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.6	1.5	1.5	1.5	1.6	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
2500	1.6	1.6	1.7	1.7	1.6	1.6	1.6	1.7	1.7	1.7	1.6	1.6	1.6	1.6	1.7	1.6	1.6	1.6	1.6	1.7
2550	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8
2600	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9
2650	2	2	1.9	1.9	1.9	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1.9	2	1.9	1.9	2	2
2700	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9
2750	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9
2800	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.9	1.9	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8
2850	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8
2900	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6
2950	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.6	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
3000	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6

Lisa 4. Teise katse mõõtetulemused

MHz	ilma SLT					SLT 1 mW					SLT 2,5 mW					SLT 6,3 mW				
450	3.5	3.3	3.4	3.4	3.4	3.4	3.4	3.4	3.3	3.4	3.4	3.5	3.4	3.4	3.4	3.3	3.4	3.4	3.4	3.5
500	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.1	3.2	3.1	3.2	3.1	3.2	3.3	3.1	3.2	3.2	3.3	3.2	3.2
550	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9	3	3	3	2.9	2.9	3	3	2.9	2.9	2.9	3	3	2.9	2.9	2.9
600	3	3	2.9	3	2.9	2.9	3	2.9	2.9	3	2.9	2.9	3	2.9	3	2.9	3	3	2.9	2.9
650	3.1	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3.1	3	3	3	3	2.9	3.1	3	3
700	2.9	2.9	2.9	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.9	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.9	2.8
750	3	3	3	3	2.9	2.9	3	3.1	2.9	2.9	3	3	3	3	2.9	3	3	2.9	3	2.9
800	2.7	2.7	2.8	2.7	2.8	2.7	2.7	2.7	2.7	2.7	2.7	2.7	2.7	2.7	2.7	2.8	2.8	2.8	2.8	2.7
850	2.6	2.6	2.6	2.6	2.7	2.7	2.7	2.6	2.6	2.6	2.6	2.7	2.6	2.6	2.6	2.7	2.7	2.7	2.6	2.7
900	2.6	2.6	2.6	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.6	2.6	2.5	2.6	2.6	2.6	2.5	2.5	2.6	2.6	2.6	2.5
950	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.5	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.3	2.4	2.4	2.4	2.4	2.5
1000	2.3	2.2	2.2	2.3	2.3	2.2	2.2	2.2	2.2	2.3	2.2	2.3	2.3	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2
1050	2.1	2.1	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.1	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.2
1100	2.1	2	2	2.1	2.1	2	2.1	2.1	2	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1
1150	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
1200	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1
1250	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1
1300	2.1	2.2	2.2	2.2	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.2	2.1	2.2	2.2	2	2.1	2.1	2.1	2.1	2.2
1350	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2
1400	2.2	2.1	2.2	2.2	2.2	2.2	2.1	2.1	2.2	2.2	2.2	2.1	2.2	2.2	2.1	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2
1450	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2
1500	2.1	2.1	2.1	2.1	2.2	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.2	2.1
1550	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1.9	1.9	1.9	2	2	2	2	2	2
1600	1.8	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9
1650	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8
1700	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7
1750	1.6	1.6	1.6	1.6	1.7	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6
1800	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6
1850	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6
1900	1.7	1.7	1.7	1.7	1.6	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.6	1.6	1.7	1.7	1.7
1950	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7
2000	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.8	1.7	1.7
2050	1.7	1.8	1.8	1.8	1.7	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.7	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.7	1.7	1.7	1.8
2100	1.7	1.7	1.6	1.6	1.6	1.7	1.7	1.6	1.6	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.6
2150	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6
2200	1.5	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6
2250	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
2300	1.5	1.5	1.5	1.5	1.4	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
2350	1.4	1.5	1.5	1.5	1.4	1.5	1.5	1.5	1.4	1.4	1.4	1.4	1.5	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.5
2400	1.5	1.5	1.5	1.6	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.6
2450	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6
2500	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7
2550	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8
2600	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9
2650	2	2	1.9	2	1.9	1.9	1.9	2	1.9	1.9	2	2	1.9	2	2	1.9	1.9	2	1.9	2
2700	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9
2750	1.8	1.9	1.8	1.8	1.8	1.9	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8
2800	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8
2850	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.7	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.7	1.8	1.8
2900	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6
2950	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6
3000	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7

MHz	SLT 15,8 mW					SLT 39,8 mW					SLT 100,0 mW					SLT 251,2 mW				
450	3.5	3.4	3.5	3.4	3.5	3.3	3.4	3.5	3.4	3.4	3.4	3.4	3.5	3.4	3.4	3.5	3.4	3.4	3.5	3.4
500	3.1	3.2	3.1	3.3	3.2	3.1	3.1	3.2	3.2	3.2	3.2	3.1	3.2	3.1	3.2	3.3	3.2	3.2	3.2	3.1
550	2.8	2.9	3	2.9	2.9	2.9	3	3	2.9	2.9	2.9	2.8	2.9	2.9	2.8	2.9	2.9	2.9	3	2.9
600	2.9	3	3	3	2.9	2.9	2.8	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9	3	2.9	2.9	2.9	2.9	2.8	3
650	3.1	3	2.9	2.9	3.1	3.1	3.1	3	2.9	3	3	3	3	3.1	3.1	3	3	3.1	3	3
700	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.9	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.9	2.8	2.8	2.9	2.9	2.8	2.8	2.8
750	3	3	2.9	2.9	2.9	3	2.9	2.9	3	3	3	3	3	2.9	2.9	3	2.9	3	3	3
800	2.8	2.7	2.7	2.8	2.7	2.7	2.7	2.8	2.7	2.8	2.7	2.7	2.7	2.7	2.8	2.7	2.7	2.8	2.7	2.8
850	2.6	2.6	2.7	2.6	2.6	2.6	2.6	2.7	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6	2.7	2.6	2.7	2.6	2.6	2.7
900	2.5	2.5	2.5	2.6	2.5	2.5	2.5	2.5	2.6	2.6	2.6	2.6	2.5	2.5	2.6	2.6	2.6	2.5	2.5	2.5
950	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4
1000	2.2	2.3	2.3	2.2	2.2	2.3	2.2	2.3	2.3	2.2	2.3	2.2	2.2	2.3	2.2	2.2	2.3	2.2	2.2	2.2
1050	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.2	2.2	2.1	2.1	2.1	2.2
1100	2.1	2	2	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2	2.1	2	2	2.1	2.1	2.1	2	2.1	2	2.1	2.1
1150	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
1200	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1
1250	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1
1300	2.1	2.2	2.2	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.2	2.2	2.2	2.1
1350	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2
1400	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.1	2.2	2.2	2.2	2.2	2.1	2.2	2.2	2.1	2.2	2.1	2.2	2.2	2.1
1450	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2
1500	2.1	2.1	2.2	2.2	2.2	2.2	2.1	2.2	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.2	2.2	2.2	2.1
1550	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1.9	2	2	1.9	2	2	2	2	2	2	2
1600	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9
1650	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8
1700	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7
1750	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.7	1.7	1.6
1800	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.7	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6
1850	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6
1900	1.7	1.7	1.7	1.6	1.7	1.6	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7
1950	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7
2000	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7
2050	1.7	1.8	1.8	1.8	1.7	1.7	1.8	1.8	1.8	1.8	1.7	1.7	1.7	1.7	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8
2100	1.6	1.7	1.7	1.6	1.6	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.6	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7
2150	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6
2200	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.5	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6
2250	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
2300	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
2350	1.4	1.4	1.5	1.4	1.5	1.4	1.4	1.5	1.5	1.4	1.4	1.5	1.4	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.4	1.4
2400	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.6	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.6	1.5	1.5	1.6	1.5
2450	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6
2500	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7
2550	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8
2600	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9
2650	2	2	1.9	1.9	1.9	1.9	2	2	1.9	1.9	1.9	2	2	2	2	2	2	1.9	1.9	2
2700	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9
2750	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.9	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8
2800	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8
2850	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8
2900	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.7	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6
2950	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6
3000	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7

MHz	SLT 631,0 mW					SLT 1584,9 mW					SLT 3981,1 mW					SLT 6309,6 mW				
450	3.4	3.4	3.5	3.4	3.4	3.4	3.4	3.4	3.4	3.4	3.3	3.4	3.4	3.4	3.4	3.5	3.4	3.4	3.4	3.4
500	3.2	3.2	3.2	3.2	3.1	3.2	3.2	3.1	3.1	3.2	3.2	3.2	3.2	3.3	3.2	3.1	3.1	3.2	3.3	3.2
550	3	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9	2.8	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9	2.8	2.9	2.9	2.8	2.9	2.9	3
600	2.9	3	3	3	2.9	3	2.9	2.8	2.9	3	2.9	2.9	3	3	3	2.9	2.9	3	2.9	2.9
650	2.9	3	3	3	3	2.9	2.9	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2.9	3	3
700	2.8	2.8	2.8	2.9	2.8	2.8	2.8	2.8	2.9	2.8	2.9	2.8	2.9	2.9	2.8	2.7	2.8	2.8	2.9	2.8
750	3	3	3	2.9	3	3	3	2.9	3	2.9	3	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9	3	3	3	2.9
800	2.8	2.7	2.7	2.7	2.8	2.7	2.7	2.7	2.7	2.7	2.8	2.8	2.7	2.8	2.7	2.7	2.7	2.7	2.8	2.8
850	2.6	2.7	2.7	2.6	2.6	2.6	2.6	2.7	2.6	2.6	2.6	2.7	2.6	2.7	2.7	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6
900	2.5	2.5	2.5	2.6	2.5	2.5	2.6	2.6	2.6	2.6	2.5	2.5	2.5	2.5	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6
950	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4
1000	2.2	2.3	2.2	2.2	2.3	2.2	2.3	2.3	2.2	2.2	2.3	2.2	2.3	2.3	2.3	2.3	2.2	2.2	2.2	2.2
1050	2.1	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.1	2.2	2.2	2.2	2.2	2.1	2.1	2.2	2.1	2.2	2.1	2.1	2.2	2.2
1100	2.1	2	2.1	2.1	2.1	2.1	2	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2	2	2.1	2	2.1	2.1	2.1	2.1
1150	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
1200	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1
1250	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1
1300	2.1	2.1	2.1	2.2	2.2	2.1	2.1	2.2	2.2	2.1	2.1	2.1	2.2	2.2	2.1	2.1	2.2	2.1	2.1	2.1
1350	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2
1400	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.1	2.1	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.1	2.2	2.2	2.2	2.1
1450	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2
1500	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.2	2.1	2.1	2.1	2.1
1550	2	1.9	1.9	1.9	1.9	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
1600	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9
1650	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8
1700	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7
1750	1.6	1.6	1.6	1.7	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.7	1.7	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6
1800	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6
1850	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6
1900	1.7	1.7	1.7	1.7	1.6	1.7	1.7	1.6	1.6	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7
1950	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7
2000	1.8	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7
2050	1.8	1.8	1.8	1.7	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.7	1.8	1.8	1.8	1.8	1.7	1.7	1.8	1.8	1.8
2100	1.7	1.7	1.6	1.7	1.7	1.7	1.6	1.6	1.6	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.6	1.7	1.7
2150	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6
2200	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6
2250	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
2300	1.5	1.5	1.5	1.5	1.4	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
2350	1.5	1.4	1.5	1.5	1.5	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.5	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.5
2400	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.6	1.6	1.6	1.6	1.5	1.5	1.6	1.5	1.5	1.5	1.5	1.6	1.6	1.6
2450	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6
2500	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7
2550	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8
2600	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9
2650	2	1.9	1.9	2	1.9	1.9	2	1.9	2	2	2	2	2	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	2	2
2700	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9
2750	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.9	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.9
2800	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8
2850	1.8	1.8	1.8	1.8	1.7	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8
2900	1.6	1.6	1.6	1.7	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6
2950	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6
3000	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7