

Aki Raiskio

Rikkakasvien torjunta mikroaalloilla

Opinnäytetyö
Kevät 2019
SeAMK Ruoka
Agrologi (AMK)

SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU

Opinnäytetyön tiivistelmä

Koulutusyksikkö: SeAMK Ruoka

Tutkinto-ohjelma:

Suuntautumisvaihtoehto: Bio- ja Elintarvike

Tekijä: Aki Raiskio

Työn nimi: Rikkakasvien torjunta mikroaalloilla

Ohjaaja: Jussi Esala

Vuosi: 2019

Sivumäärä: 32

Liitteiden lukumäärä: 1

Tämän opinnäytetyön aiheena oli rikkakasvien torjunta mikroaalloilla. Teoriaosuudessa tutustuttiin lyhyesti siihen, että mitä mikroaallot ovat ja miten niitä tuotetaan. Minulla oli 6 kasvatuslaatikkoa, joissa kasvoi vähän rikkakasveja ja kauraa.

Rakensin pienen mikroaaltolaitteen aalto-ohjaimella, jolla suoritin säteilytyskokeet kuudelle kasvatuslaatikolle. Rakentamassani laitteessa käytettiin kotitalouskäyttöön tarkoitettua mikroaaltouunin komponentteja. Irrotin mikroaaltouunista magnetronin ja muut komponentit jätin mikroon paikalleen. Tein mikron suojakuoreen läpiviennin ja johdin muuntajalta ja kondensaattorilta johdot suojatulla kolminapaisella kumikaapelilla magnetronille. Magnetronin ylälampö suojan ohitin. Magnetronille tein vielä edellisen puhallinjähdytyksen.

Kasvatuslaatikkoihin laitoin syksyllä 2018 keräämäni maanäytteet, jotka mahdollisesti sisälsivät rikkakasvien siemeniä. Laatikkoihin lisäsin kauran siemeniä, jolla varmistin tasaisemman kasvun, jos rikkakasveja ei maaperässä olisi.

Kasvatuksessa laatikot olivat 24 tuntia vuorokaudessa led-kasvatuslamppujen alla. Tämä siksi, että saisin kasvatuslaatikot itämään nopeasti ja varmasti.

Koevaiheessa säteilytin yhden kasvatuslaatikon ennen kuin se alkoi itää ja loput viisi laatikkoa kun ne itivät.

Analysoitujen tulosten perusteella voidaan todeta, että mikroaallot tuhoavat itämättömiä siemeniä maaperän pintakerroksista ja tuhoavat myös itäviä taimia. Tulokista huomaa, että energian kulutus on erittäin suurta.

Avainsanat: mikroaallot, magnetroni, rikkakasvientorjunta, rikkakasvit.

SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Thesis abstract

Faculty: Food and Agriculture

Degree programme: Bachelor of Agriculture

Specialisation: Food Processing and Biotechnology

Author/s: Aki Raiskio

Title of thesis: Weed Killing with Microwaves

Supervisor(s): Jussi Esala

Year: 2019 Number of pages: 32 Number of appendices: 1

The topic of my thesis was weed control in agriculture by using microwaves. The theory part discusses micro waves and how they are produced. In this study weeds and oat seeds were grown in six growing boxes.

Radiation treatment tests for the growing boxes were made with a small microwave device which was built of the components of a normal household microwave oven by using a wave-guide. The magnetron of the oven was removed for safety reasons. An inlet was made on the oven frame and a three-pole electric rubber cable from the transformer and the capacitor were led to the magnetron. The thermal protection switch of the magnetron was ignored and a separate blower for the magnetron was made.

In the growing boxes there was soil from the fields, collected in late fall 2018. The soil included weed seeds. Oat seeds were added into the growing boxes to guarantee a stable growth if there were not any weeds in the soil.

The growing boxes were under LED grow lights 24 hours a day to get them sprout faster.

In the test a radiation treatment was done for one of the boxes before the sprouting and the rest of the boxes were treated when they were sprouting.

The results showed that microwaves can kill seeds on the top layers of the soil and they can kill even the growing seedlings. The energy consumption in the process is very high.

Keyword: microwave, magnetron, weed, weedcontrol.

SISÄLTÖ

Opinnäytetyön tiivistelmä.....	2
Thesis abstract.....	3
SISÄLTÖ.....	4
Kuva-, kuvio- ja taulukkoluettelo.....	5
1 JOHDANTO.....	7
1.1 Tausta.....	7
1.2 Tavoitteet.....	7
2 MIKROAALLOT.....	9
2.1 Taajuudet ja lainsäädäntö.....	9
2.2 Maailmalla tehdyt tutkimukset ja mikroaaltojen vaikutus.....	10
3 MAGNETRONI.....	12
3.1 Magnetronin toimintaperiaate.....	13
3.2 Aalto-ohjain.....	13
3.3 Turvallisuusnäkökohdat.....	14
4 TORJUNTAKOKEESEEN RAKENNETTAVA LAITE.....	16
4.1 Koelaitte ja sen rakentaminen.....	16
4.2 Laitteen teho ja valmistamisen kustannukset.....	17
5 LAINSÄÄDÄNTÖ.....	19
6 MIKROAALTOJEN TEHOA RIKKAKASVEIHIN KARTOITTAVA KOE.....	20
6.1 Koeaineiston hankinta ja koemenetelmä.....	20
6.2 Koejärjestelyt.....	22
6.3 Kokeen tulokset.....	24
7 POHDINTAA.....	29
LÄHTEET.....	31
8 Liitteet.....	33

Kuva-, kuvio- ja taulukkoluetelo

Kuva 1. Sähkömagneettisen aaltoliikkeen spektri. (Peda 2019).	9
Kuva 2. Säteilyn vaikutus itävyyteen kostealla ja kuivalla siemenellä (Brodie 2015a.).....	10
Kuva 3. Magnetronin poikkileikkaus (Illustration source 2019).	12
Kuva 4. Aalto-ohjain ja magnetroni	14
Kuva 5. Simpson mikroaaltovuomittari.....	15
Kuva 6. Magnetroni ja puhallin.....	17
Kuva 7. Laatikot ja kasvatus lamput.....	21
Kuva 8. Laatikot valmiina säteilytykseen.....	23
Kuva 9. Laatikot välittömästi käsittelyn jälkeen	24
Kuva 10. Käsittelyn jälkeinen päivä.....	25
Kuva 11. Lievät lehtivioitukset eivät estäneet kasvua	27
Kuva 12. Täysin tuhoutunut kasvusto 4 päivää jälkeen säteilytyksen	28
Taulukko 1. Laatikoiden käsittelyajat	22
Taulukko 2. Laskennallinen hehtaarille tarvittava aika ja polttoaineen kulutus	26

1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön aiheena on rikkaruohojen torjunta mikroaaltoja käyttäen. Kiinnostuin aiheesta muutama vuosi sitten, ja jo silloin rakensin muutaman testiversion.

Teoriaosuudessa on lyhyesti kerrottu mitä mikroaallot ovat ja miten niitä tuotetaan.

Nykyään ei ole oikein kunnollisia vaihtoehtoja kemiallisille torjunta-aineille, varsinkin kiistely glyfosaatin käytöstä on kiihtynyt. Selvitän myös mikroaaltotorjunnan soveltuvuutta luomutuotantoon.

Olisi tarkoitus saada tietoa siitä, että kuinka paljon pellon käsittely maksaa mikroaalloilla ja olisiko tulevaisuuden rikkakasvien torjunnassa tilaa mikroaaltokäsittelylle.

1.1 Tausta

Maataloudessa olisi tarvetta uudentlaisille torjuntamenetelmille, esimerkiksi luomutuotannossa ja mahdollisesti tavanomaisessa tuotannossa. Glyfosaatin käytöstä on kiistely jo vuosia maailmalla ja sen täyskielto ei ole pois suljettu. Varsinkin luomutuotannossa ei ole kemiallisia torjuntakeinoja, joilla päästään eroon rikkakasveista ja siemenrikkapankista. Mekaaniset torjuntamenetelmät eivät poista ongelmaa luomutuotannossa.

1.2 Tavoitteet

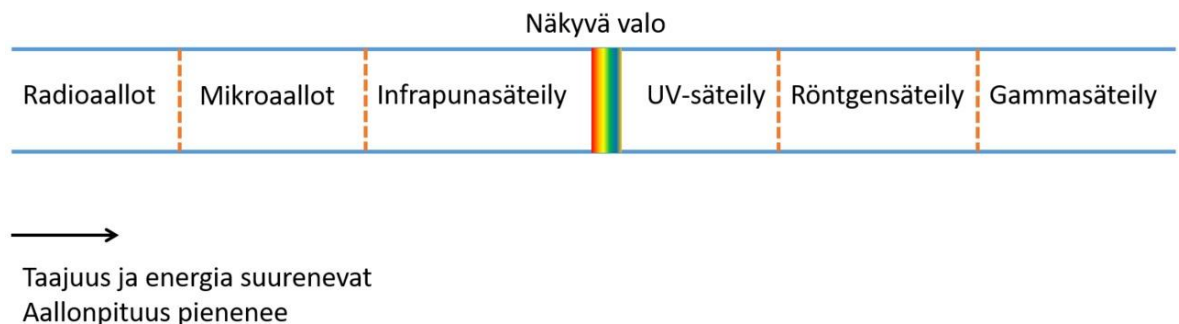
Tavoitteena on rakentaa pieni mikroaaltolaite kotitalous käyttöön suunnitellusta mikroaaltouunista ja sen komponenteista ja sillä tehdä torjuntakokeita. Aikaisempien tekemiäni testien perusteella maaperän käsittely mikroaalloilla voisi olla jonkinlainen ratkaisu tähän ongelmaan, ainakin luonnonmukaisessa tuotannossa.

Kirjallisuuden perusteella on näyttöä, että mikroaalloilla voidaan tuhota kasveja. Niinpä tämän työn ensimmäisenä tavoitteena on rakentaa teholtaan säädettävä koelaitte, jolla voi todentaa rikkakasvien tuhoutuminen ja jolla voi tehdä rikkakasvien torjuntakokeita. Toisena tavoitteena on selvittää, millä kasvuasteella, millä teholla ja energiamäärällä kasvit ovat tuhottavissa.

2 MIKROAALLOT

Mikroaallot ovat sähkömagneettista säteilyä. Niiden taajuus on korkeampi, kuin ääniradiolähetyksissä käytettävä taajuus. Mikroaaltoja käytetään nykyään monessa arkipäiväisessä sovelluksessa. Koko nykyinen tiedonsiirtomme perustuu niihin, koska niillä päästään merkittävästi suurempiin kaistaleveyksiin kuin tavallisella radiotaajuudella. Taajuuden noustessa tiedonsiirtonopeus kasvaa. Myös GPS-laitteet käyttävät mikroaaltoja. Mikroaaltotekniikkaa käytetään myös nykyaikaisissa tutkimuksissa. (Lajunen 2005.)

Aallonpituuden mukaan sähkömagneettinen säteily jaotellaan seuraavasti: radioaallot, mikroaallot, infrapunasäteily, valo, ultraviolettisäteily, röntgensäteily ja gammasäteily. Sähkömagneettiset aallot etenevät tyhjiössä valon nopeudella. Mikroaaltojen taajuusalue on 300 MHz-30GHz IEEE:n määritelmän mukaan. (IEEE). Kuvassa 1 on kuvattu sähkömagneettisen aaltoliikkeen spektri.



Kuva 1. Sähkömagneettisen aaltoliikkeen spektri. (Peda 2019).

2.1 Taajuudet ja lainsäädäntö

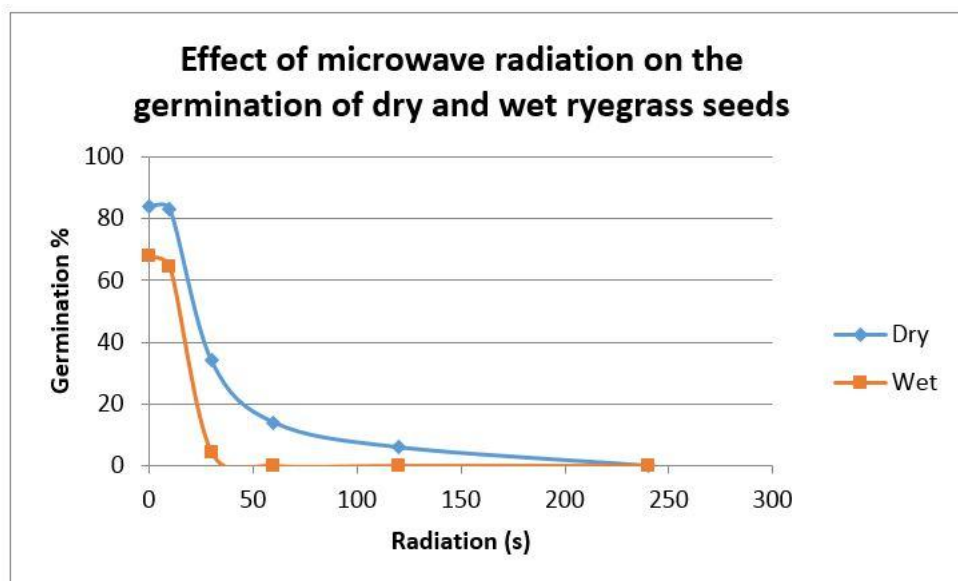
Mikroaallot on jaettu taajuusalueisiin UHF (0,3-3 GHz), SHF (3-30 GHz) ja EHF (30-300 GHz). Käyttötarkoituksen mukaan edellä mainitut alueet jaetaan vielä taajuusalueisiin ja niitä merkitään kirjaimella.

Taajuuksien käyttöä säädetään lainsäädännöllä niin Suomessa kuin muuallakin. Jotkut taajuudet ovat käytettävissä ympäri maailmaa ja toisia taajuuksia ei saa käyttää kaikissa maissa. Työssäni käyttämä magnetronin taajuus 2450 MHz on hyväksytty käytettäväksi ympärimaailman. Taajuuksien käyttöä Suomessa valvoo

TraviCom Liikenne- ja Viestintävirasto. ”Viestintäviraston taajuushallinto-toimialan tehtäviin kuuluvat radiotaajuuksien käytön suunnittelu, tarkastus ja valvonta sekä kansainvälinen taajuussuunnitteluun liittyvä yhteistyö. Lisäksi toimiala vastaa radio- ja telepäätelaitteiden vaatimustenmukaisuuden varmistamisesta ja markkina-valvonnasta sekä radiohäiriöitä ja radiolähettimien käyttäjätutkintoja koskevista asioista.” (TraviCom 2013.) Tästä voidaan todeta, että taajuuksien käyttöä valvotaan tarkasti.

2.2 Maailmalla tehdyt tutkimukset ja mikroaallojen vaikutus

Australiassa on tehty mikroaalloilla testejä tankearaeheinällä (*Lolium rigidum*). Kokeessa käytettiin kotitalousmikroa, johon siemenet laitettiin petrimaljalla. Osa siemenistä oli 24 tuntia kostutettavina ja osa oli kuivia siemeniä ennen testiä. Alla olevassa kuvassa 2 on esitetty mikroaallojen vaikutus siemenien itävyyteen. (Brodie 2015a.)



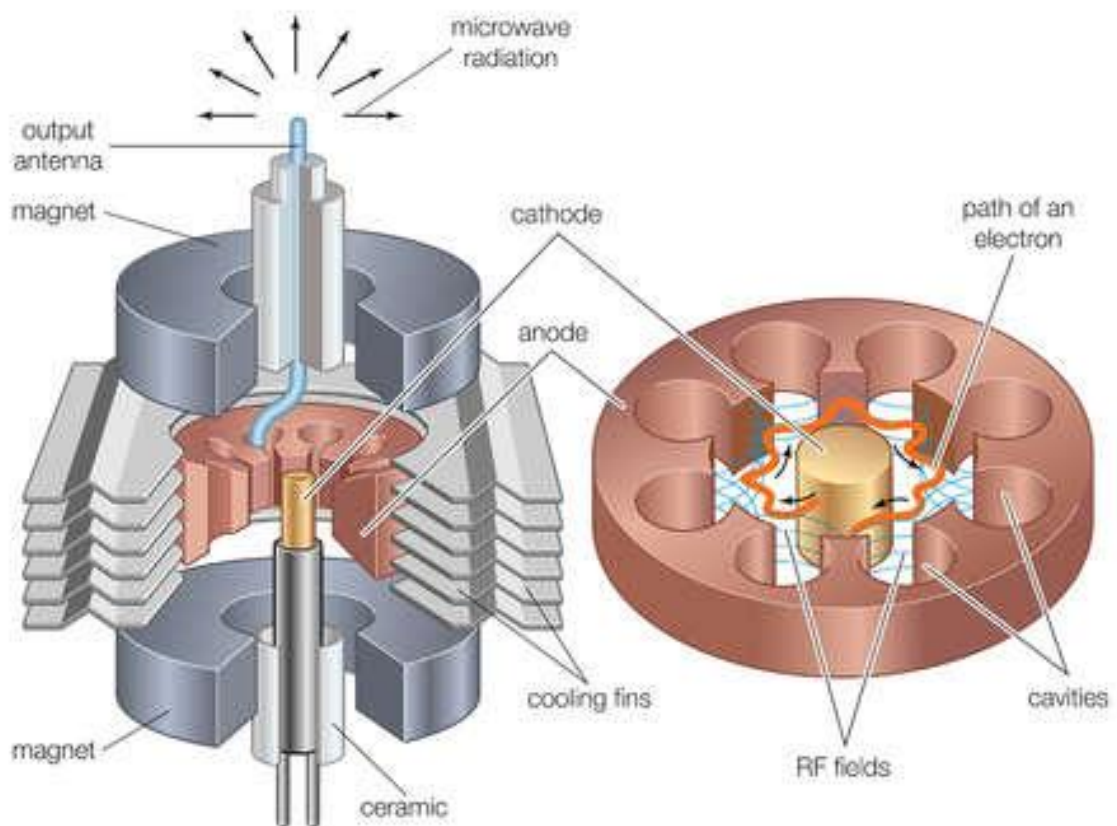
Kuva 2. Säteilyn vaikutus itävyyteen kostealla ja kuivalla siemenellä (Brodie 2015a.)

Australialaisten tutkimusten loppupäätelmissä he toteavat, että mikroaallot tuhoavat siemenet maanpinnan ylimmästä osasta. Mikroaallot myös vähentävät bakteerikantoja maan yläpinnasta. He huomasivat, ettei mikroaalloilla ole vaikutusta siemiin ja alkueläimiin. Bakteerien määrät palasivat samoiksi kuin ne olivat ennen käsittelyä kuukauden päästä. Tutkijat huomasivat myös, että maan mikroaaltokäsittely paransi kasvien kasvua ja satoa. (Brodie 2015a.)

Myös Euroopassa Italiassa Padovan Yliopistossa tutkijaryhmä Professori Cecare De Zanchen johdolla on tutkinut maaperän käsittelemistä mikroaalloilla. Heillä oli käytössä laitteisto, jossa oli 12 magnetronia ja yhteenlaskettu teho lähestyi 15 kVa. He huomasivat että monen magnetronin vaikutus on parempi suhteessa yhden magnetronin käyttöön. Monta magnetronia epäsynkronisesti rinnakkain antaa kaksinkertaisen tehon ja vähentää myös tehon tarvetta puolella joka tarvitaan tappamaan rikkakasvit. (Vidmar 2005.)

3 MAGNETRONI

Magnetroni on elektroniputki, joka kuuluu ristikenttäputkiin. Sitä käytetään oskillaattorina suuritaajuisen mikroaallojen tuottamiseen. Magnetroneja on kahdenlaisia: jatkuvatoimisia ja pulssitoimisia. Magnetronin rakenne on yleensä ontelomagnetroni ja sen rakenteella on määrätty sen toimintataajuus. (Wolff 2019.) Kuvassa 3 on magnetronin poikkileikkaus.



Kuva 3. Magnetronin poikkileikkaus (Illustration source 2019).

Poikkileikkaukseltaan magnetroni on lieriömäinen tyhjiöputki. Ulkokuori on anodi ja magnetronin keskellä sijaitsee katodi. Anodilla on positiivinen sähkövaraus ja katodilla negatiivinen sähkövaraus. Yleensä anodi ja katodi on valmistettu kuparista.

3.1 Magnetronin toimintaperiaate

Magnetronin toimiessa katodia hehkutetaan ja näin sitä irtoaa elektroneja, jotka yrittäisivät päästä suorinta reittiä anodille. Hehkuva katodi on sähkövaraukseltaan negatiivinen. Magnetronissa täytyy olla magneetti, joka voi olla sähkömagneetti tai kestmagneetti. Sen luoman magneettikentän ansiosta elektroneille luodaan sähkökenttään kohtisuora ristikkäinen magneettikenttä (ristikenttäputki nimitys). Näin magneettivuo vaikuttaa sähkövirran suuntaan ja muuttaa elektronien ratoja kaartuvaksi ja ne alkavat kiertää katodia spiraalin lailla. Kiertorata riippuu sähkökentän ja magneettikentän voimasta. Nyt kun elektroneit kiertävät katodia ja ohittaessaan ontelomagnetronin sisemmän kehän, jossa on pieniä onteloita ja niissä pieni rako, se saa rakojen muodostavan piirin värähtelemään. Värähtelyn taajuus riippuu miten ontelot ja niiden raot on mitoitettu. (Wolff 2019.)

3.2 Aalto-ohjain

Valmistamani aalto-ohjain on mitoiltaan 80mm x 35mm x 420mm. Kuvassa 4 olevalla aalto-ohjaimella olisi tarkoitus ohjata magnetronin tuottamat mikroaallot kasvatusastioihin. Valmistusmateriaali on 2mm alumiini.



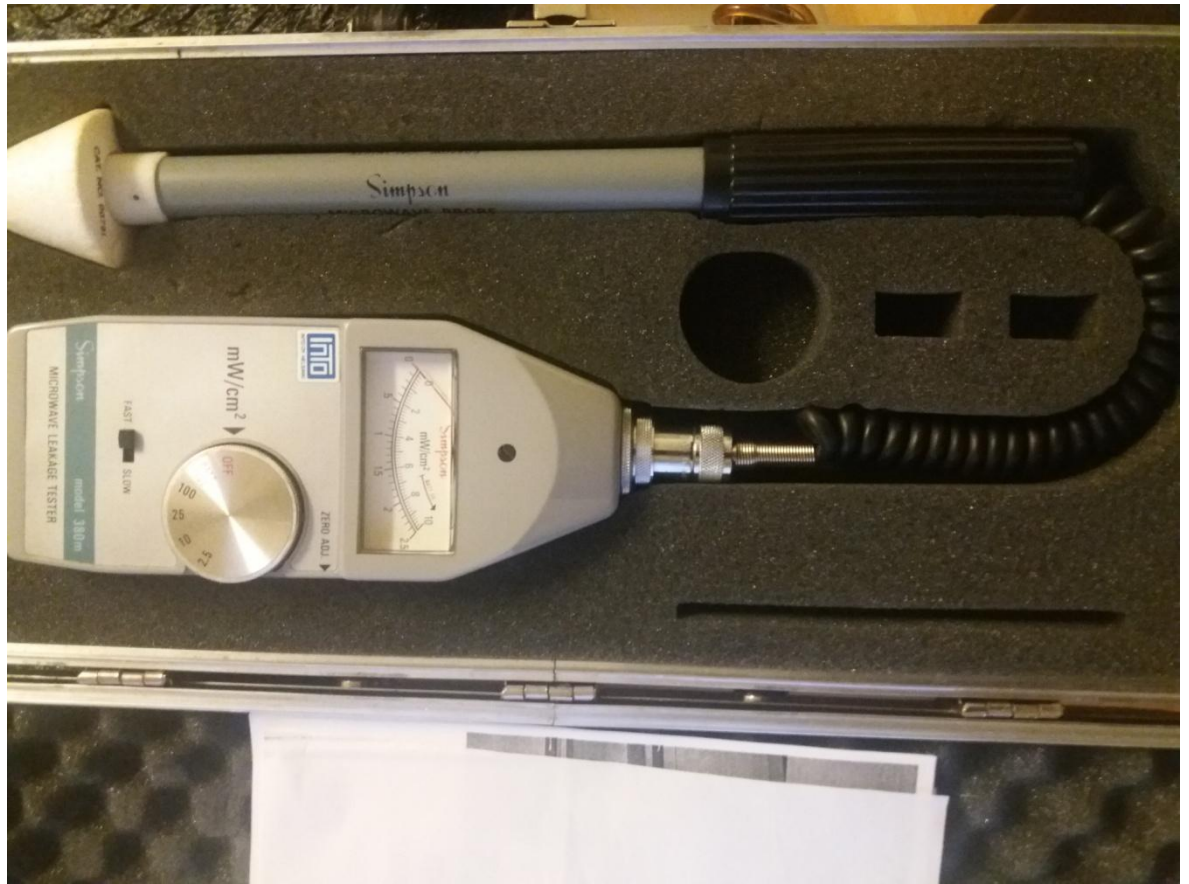
Kuva 4. Aalto-ohjain ja magnetroni

3.3 Turvallisuusnäkökohdat

Mikroaalloja ei voi havaita aistien avulla. Taajuudesta ja tehosta riippuen aallot voivat kuitenkin aiheuttaa vakavia vaurioita. Tämän vuoksi minulla on käytössä mittari jolla voi seurata, ettei säteily ylitä turvallisuusrajoja. Tulen myös kytkemään ennen varsinaista mikroaaltolaitetta suojaerotusmuuntajan. Tällä eriytän toisiopuolelle kytketyn laitteen verkkovirrasta ja estän mahdollisen sähköiskun maan ja vaiheen välillä.

Käytössäni oleva mikroaaltovuomittari on Simpson model 380. Kuvassa 5 olevalla mittarilla voi mitata vain 2450 Mhz taajuuden mikroaaltovuota. Mikroaaltosäteilyn voimakkuudesta käytetään yksiköitä W/m^2 (watteja neliometri) tai mW/cm^2 (milliwattia neliösenttimetri). Suurin sallittu vuon tehotiheys on $50 W/m^2$. Kokeessani tämä ei ollut lähelläkään, koska mikroaallot leviävät ympäristöön. Mikroaallot vai-

menevat kohdatessaan ihmisen ihon ja tunkeutuvuus on vain 2-3 cm. (STUK 2005.)



Kuva 5. Simpson mikroaaltovuomittari

4 TORJUNTAKOKEESEEN RAKENNETTAVA LAITE

Rakennettavalla laitteella olisi tarkoitus testata mikroaaltojen kykyä tuhota vielä itämättömiä ja itäviä rikkakasveja ja viljansiemeniä maaperästä. Kohteista käsitellään eripituisia aikoja. Rakentamani laitteen magnetroni käyttää S-band alueen taajuutta 2450 MHz.

4.1 Koelaite ja sen rakentaminen

Rakentamani laitteen osat on otettu tavallisesta kotitalouskäyttöön tarkoitettusta mikroaalto uunista. Turvallisuussyistä päätin, että en irroita mikroaaltouunista kuin magnetronin ja teen mikroaaltouunista vain magnetronille johtavat pidemmät sähkökaapelit. Mikroaaltouunin muuntaja ja kondensaattori ovat erittäin vaarallisia. Muuntaja antaa ulos yli 4 kilovoltin jännitteen ja se on tappava. Minun oli asennettava puhallin jäähdyttämään magnetronia, koska se lämpeni todella paljon. Asensin 12 voltin tietokoneen jäähdyttimen puhaltamaan magnetronin jäähdytysritilöiden läpi. Kuvassa 6 on magnetroniin asennettu jäähdytinpuhallin.



Kuva 6. Magnetroni ja puhallin

4.2 Laitteen teho ja valmistamisen kustannukset

Valmistaja ilmoittaa mikroaaltouunin verkosta ottamaksi tehoksi on 1400w ja antotehoksi 800w. Hyötysuhde lasketaan: $\eta = W_2:W_1 = P_2:P_1$. Eli yksinkertaisesti $\eta = 800W:1400W = 0,57$. Laitte siis muuntaa vain 57 % käytetystä energiasta hyödyksi, loppu energia on tuuletettava pois lämpönä. Rakentamani yhden magnetronin laite maksoi aalto-ohjaimen kanssa 50 euroa. Mikroaaltouunin ositin kierrätyskeskuksesta ja se maksoi 20 euroa, sähkökaapelit 10 euroa, aalto-ohjaimen alumiini levyt ja hitsaus 20 euroa. Jäähdytinpuhaltimen otin omasta varastostani.

Jos laitteesta tehtäisiin peltokäyttöön soveltuva ja traktorikäyttöinen, tarvittaisiin suunnittelemani 3.5 cm levyisiä aalto-ohjaimia ja magnetroneja 57 kappaletta rinnakkain. Laitteen nettotehon tarve olisi tällöin $57 \times 1,4 \text{ kW}$ eli 80 kW. Käytännössä noin 80 kw kolmivaihegeneraattori ei riittäisi, koska magnetronien käynnistysvirta hyydyttäisi generaattorin. Lisäksi moinen kokoonpano tarvitsee nestejäähdytyksen

magnetroneille ja öljyjähdytyksen muuntajille. Käytännössä traktorilta vaadittava teho olisi noin kaksi kertaa suurempi kuin edellä laskettu nettoteho.

5 LAINSÄÄDÄNTÖ

Lainsäädännöllisten seikkojen selvittäminen oli tärkeä osa työtä. Eviran tulkinnan mukaan laitteen käytölle rikkakasvien tuhoamiseen ei ole lainsäädännöllisiä esteitä. (Kukkonen 2017.)

Tukesin tulkinnan mukaan kasvinsuojeluaineasetuksen (EY) N:o 1107/2009 artikkelissa 2 on määritelty asetuksen soveltamisalaan kuuluvat tuotteet, jotka sisältävät tehoaineita, suoja-aineita tai tehosteaineita tai koostuvat niistä. Samassa artikkelissa on kerrottu myös kasvinsuojeluaineiden käyttötavoista. Tukesilla he katsovat, että mikroaaltojen käyttö rikkakasvien ja niiden siemenien torjuntaan voidaan rinnastaa esimerkiksi liekitykseen ja mikroaaltojen vaikutus on fysikaalinen. Näin ollen kyseessä ei ole kasvinsuojeluainelainsäädännön piiriin kuuluva käsittely. (Hirvonen 2017.)

6 MIKROAALTOJEN TEHOA RIKKAKASVEIHIN KARTOITTAVA KOE

Koelaatikoita käsitellään eripituisilla ajoilla ja näiden perusteella saatuja tuloksia analysoidaan. Tulosten perusteella myös laaditaan laskelmat hehtaari kyulutuksista.

6.1 Koeaineiston hankinta ja koemenetelmä

Tarkoitusta varten keräsin syksyllä 2018 erän peltomaata. Mullassa on yleensä aina rikkakasvien siemeniä, mutta sekoitin varmuuden vuoksi maaerään kauran siemeniä. Maanäyte oli pakastimessa, kunnes tammikuulla 2019 otin erän sulamaan ja jaoin maan siemenineen kuuteen kasvatusastiaan. Siemenien itämisen ja oraiden kasvun varmistamiseksi asensin kaksi 3W tehoista puna-sinivoittoista valoa tuottavaa led-valaisinta. Käytetyn valospektrijakauman pitäisi nopeuttaa kasvien yhteyttämistä ja kasvua. Led-valoja käytetään esimerkiksi chilin kasvatuksessa. Kasvatuslamput ovat päällä 24 tuntia vuorokaudessa. Kuvassa 7 esitelty kuusi kasvatuslaatikkoa ennen kuin mitään kasvaa.



Kuva 7. Laatikot ja kasvatus lamput

Jo muutamassa päivässä on havaittavissa ensimmäisten rikkojen sirkkalehtiä laatikoissa, ja matalasta kylvösyvyydestä (1-4 cm) johtuen ensimmäiset viljan oratkin kehittyivät nopeasti.

Kylvösyvyyden vaihtelu oli tarkoituksellista, sillä mikroaaltoja annettaessa näen, että alkavatko syvemmälle kylvetyt kasvamaan uudestaan vaikka maanpäällinen verso on tuhoutunut. Harvakseltaan on myös havaittavissa rikkojen sirkkoja.

6.2 Koejärjestelyt

Koekäsittelyt on esitetty taulukossa 1. Säteilykäsittelyssä aalto-ohjaimen pää asetettiin kohtisuoraan noin 10 cm etäisyydelle käsiteltävästä laatikosta ja käsittelyaika vaihteli 15- 300 sekuntiin.

Taulukko 1. Laatikoiden käsittelyajat

	Käsittely ajan pituus (s)	
Laatikko 1	300	Käsiteltiin ennen itämistä
Laatikko 2	300	Käsiteltiin kun orailla
Laatikko 3	150	Käsiteltiin kun orailla
Laatikko 4	75	Käsiteltiin kun orailla
Laatikko 5	37,5	Käsiteltiin kun orailla
Laatikko 6	15	Käsiteltiin kun orailla

Yhden laatikon käsittelin mikroaalloilla 13.1.2019. Kuvassa 8 on oraat valmiita käsittelyä varten. Aikaisemmin käsitellystä laatikosta näkee myös, ettei siinä idä mitään. Mikroaaltokäsittelyn tein käsittelemättömille viidelle laatikolle 18.1.2019.



Kuva 8. Laatikot valmiina säteilytykseen



Kuva 9. Laatikot välittömästi käsittelyn jälkeen

6.3 Kokeen tulokset

Tekemässäni säteilytyskokeessa voi jo heti todeta, että menetelmä kuluttaa paljon energiaa. Laite on liian tehoton tämän tapaiseen kokeeseen. Kuvassa 9 on nähtävissä laatikot välittömästi käsittelyn jälkeen. Aistinvaraisesti havainnoin maaperä lämpeni huomattavasti ja uskon että mikroaalto säteily on tuhonnut maaperän sisältämien rikkasiementen ja kauransiementen itävyyden, sekä osan itävistä oraista. Kokeessa osa mikroaalloista säteilee ympäristöön ja näin ollen heikentää käsiteltävään kohteeseen suunnattua tehoa. Ensimmäinen laatikko joka käsiteltiin ennen itämistä ja orastumista, ei alkanut kasvamaan, joten tästä voidaan todeta, että menetelmä tuhoaa myös siemeniä muutaman senttimetrin syvyydeltä. Kuinka syvältä se sitten pystyy tuhoamaan siemenet, niin sitä en pysty tarkkuudella kokeessani selvittämään. Kylvämäni kaura oli syvyydellä 1-4 cm, joten ainakin tältä

syvyydeltä se tuhosi itävyyden, lisäksi mahdollisesti syvemmillä maassa olleet rikkasiemenet eivät kasvaneet.

Välittömästi käsittelyn jälkeen oli todettavissa pidemmillä altistusajoilla, että osa kasveista nahistui ja silmiin nähden menivät sellaiseen kuntoon, etteivät ne enää tule kasvamaan. Kuvassa 10 käsittelyn jälkeisenä päivänä on selvästi nähtävissä mikroaaltojen aikaansaama vaikutus kasveihin.



Kuva 10. Käsittelyn jälkeinen päivä

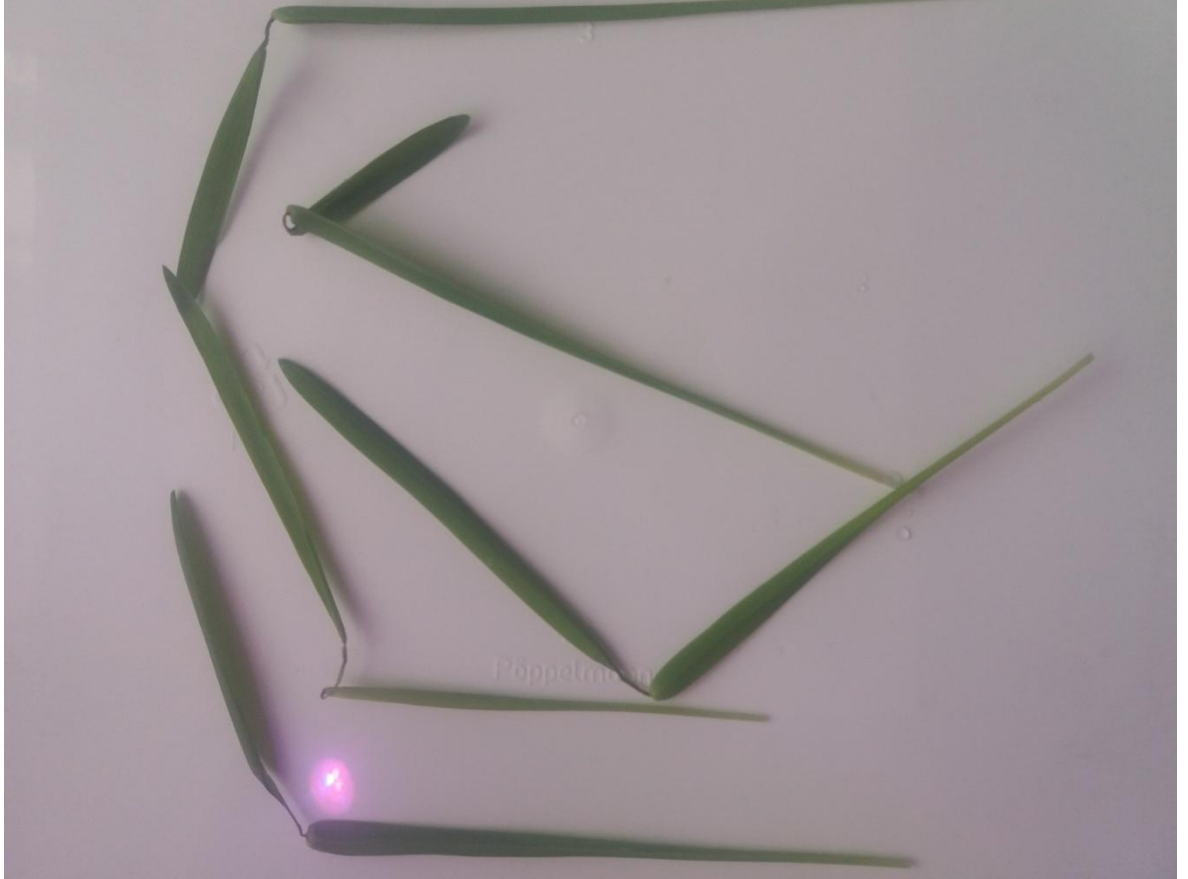
Aikaisemmin totesin myös, että laitteeni kuluttaa paljon energiaa. Liitteenä olevassa Excel-taulukossa on laskettu suuntaa antavia energian kulutusta poltto-aineen kulutuksena hehtaarille ja myös käsittelyyn menevään aikaan hehtaarille rakentamalla yhden magnetronin laitteella. Taulukossa 2 on lyhyt kuvaus paljonko aikaa ja polttoainetta menee laskennallisesti hehtaarin käsittelyalueelle

Energian kulutus on suuri laitteellani ja tällä kokoonpanolla ei ole realistista käsitellä hehtaarin tai muunkaan kokoisia alueita. Lyhyillä säteilytysajoilla kasvit kärsivät

vain lieviä polttovioituksia, kuten kuvassa 11 on nähtävissä. Neljän päivän päästä oli selvästi nähtävissä täysin tuhoutunut kasvusto kuvassa 12.

Taulukko 2. Laskennallinen hehtaarille tarvittava aika ja polttoaineen kulutus

Käsittelyaika sekunneissa	Torjunta tulos	Litraa polttoainetta ha	Ha käsittelyaika/tuntia
300	Ei itämistä	8886	25720
300	Taimet tuhoutuivat täysin	8886	25720
150	Taimet tuhoutuivat täysin	4443	12860
75	Taimet tuhoutuivat täysin	2221	6430
37,5	Noiin 50 % taimista kuoli	1111	3215
15	Noiin 5 % taimista kuoli	444	1286
10	Ei mittauksia	296	857



Kuva 11. Lievät lehtivioitukset eivät estäneet kasvua



Kuva 12. Täysin tuhoutunut kasvusto 4 päivää jälkeen säteilytyksen

7 POHDINTAA

Menetelmä toimii, mutta se ei sellaisenaan sovi rikkakasvien torjuntaa. Kokeessa käytetyn laitteen hyötysuhde oli erittäin alhainen noin 60%. Laite otti 1400 w teho-
na ja antoi ulos 800w. Magnetroni lämpeni todella paljon säteilytyksen aikana ja
jäähdytyspuhallin oli tarpeen. Lämpönä haihtui ilmaan melkein 600 w huonon hyö-
tysuhteen takia. Tulokset ovat saman suuntaisia maailmalla tehtyjen kokeiden
kanssa. Suuremmilla laitteilla päästäisiin parempaan hyötysuhteeseen, alhaisem-
paan kulutukseen hehtaarilla ja suurempaan nopeuteen. Mutta joka tapauksessa
tämän tapainen rikkakasvien torjuntatapa ei tule ihan heti valtavirraksi. Hyötysuh-
detta voidaan nostaa erilaisilla magnetroneilla ja muuntajalla. Myynnissä on mag-
netroneja joiden hyötysuhde vaihtelee 80-95 % välillä. Nämä teollisuuskäyttöön
suunnitellut magnetronit ovat erittäin kalliita, jos vertaa kokeessani käyttämään
tavallisen mikron magnetroniin. Aalto-ohjain tulisi suunnitella tehokkaammaksi,
jolloin estetään takaisinheijastuvien mikroaaltojen karkaaminen käsiteltävältä alu-
eelta ympäristöön ja takaisin magnetroniin. Myös monella vierekkäin kytketyllä
magnetronilla saavutetaan parempi teho ja pienempi energian kulutus, johtuen
polarisaation tuomista hyödyistä. Aalto-ohjaimiin on olemassa niin sanottuja ``stub
tunereita``, ne ovat eräänlaisia säätäjiä jolla parannetaan signaalin kulkua magne-
tronista kuormaan. Toisin sanoen, ne parantavat tehoa heijastamalla takaisin kim-
poavan aallon takaisin kuormaan, tässä tapauksessa maaperään. Toisaalta jos
laitteen energiatehokkuutta saadaan parannettua sen verran, ettei hehtaarikustan-
nus nousisi liian suureksi, niin mikroaaltokäsittely voisi soveltua luomuviljelyyn.
Australialaisen Dr Graham Brodien mukaan mikroaaltokäsittely parantaa pellon
satotasoja 30-80%. (Brodie 2017b.)

Hänellä on auton perässä trailerille rakennettu järjestelmä, jossa on 4 magnetronia
aalto-ohjaimineen ja stub tunereineen. Sillä saavutetaan 7-10 km/h nopeus. Jokai-
nen magnetroni on 2000 w tehoinen. Trailerilla on myös kaksi 7kw generaattoria
jolla sähkö tuotetaan. Hän on saanut vähennettyä 85% rikkakasveista verrattuna
käsittelemättömälle aluelle. Hän on myös päässyt huomattavasti pienempiin kus-
tannuksiin hehtaarille kuin minä. Hänen järeällä järjestelmällä voidaan päästä jopa
laskenallisesti 80-120 australian dollarin hehtaari kustannuksiin. (Brodie 2017c.)

Euroissa se tekisi kustannukseksi noin 50-76 euroa hehtaari. Tämä ei kuulosta enää pahalta. Luomussa se voisi olla kannattavaa. Mikroaallot myös tuhoavat rikat joille on kehittynyt herbisidi resistenssi. Ideaan voisi uppoutua syvemmin.

LÄHTEET

- Brodie, G. 2015a. Using Microwaves To Kill Weed Seeds And Snails. . [Verkkoleh-
tiartikkeli]. [Viitattu 1.15.2019]. Saatavana: [https://grdc.com.au/resources-
and-publications/grdc-update-papers/tab-content/grdc-update-
papers/2015/02/using-microwaves-to-kill-weed-seeds-and-snails](https://grdc.com.au/resources-and-publications/grdc-update-papers/tab-content/grdc-update-papers/2015/02/using-microwaves-to-kill-weed-seeds-and-snails)
- Brodie, G. 28.1.2017c. Microwave on wheels wins war on weeds. [Verkkolehti-
artikkeli]. [Viitattu 15.1.2019]. Saatavana:
[https://www.abc.net.au/news/rural/2017-02-28/microwave-a-new-weapon-in-
war-on-weeds/8310084](https://www.abc.net.au/news/rural/2017-02-28/microwave-a-new-weapon-in-war-on-weeds/8310084)
- Brodie, G. 8.11.2017b. Weed killer. [Video]. [Viitattu 15.1.2019]. Saatavana:
<https://www.youtube.com/watch?v=IUatNFZB4A8>
- Frequency Letter Bands. [Verkkoartikkeli]. [Viitattu 5.1.2018]. Saatavana:
<https://www.microwaves101.com/encyclopedias/frequency-letter-bands>
- Hirvonen, L. 2.2.2017. Ylitarkastaja. Kasvinsuojeluaineet. Tukes. Kysely mikroaal-
toihin liittyen. [Henkilökohtainen sähköpostiviesti]. Vastaanottaja Aki Raiskio.
[viitattu 15.1.-2019].
- IEEE. 2018. Institute of Electrical and Electronics Engineers. [Verkkolehtiartikkeli].
[Viitattu: 5.1.2018]. Saatavana: <https://standards.ieee.org/>
- Illustration Source. 2019. [Valokuva]. Saatavana:
[https://www.illustrationsource.com/stock/image/481052/elements-of-a-
magnetron-used-to-generate-power-for-radar-systems-microwave-ovens-
plasma-screens-and-linear-accelerators/](https://www.illustrationsource.com/stock/image/481052/elements-of-a-magnetron-used-to-generate-power-for-radar-systems-microwave-ovens-plasma-screens-and-linear-accelerators/)
- Kukkonen, H. 2.2.2017. Kasvintarkastus Johtaja. Evira. Kysely mikroaaltoihin liit-
tyen. [Henkilökohtainen sähköpostiviesti]. Vastaanottaja Aki Raiskio. [viitattu
15.1.-2019].
- Lajunen, Marja: Mikroaallot - näkymätön apulainen. [Verkkolehtiartikkeli].
15.5.2005. [Viitattu 1.1.2019]. Saatavana:
<https://www.kaleva.fi/teemat/digi/mikroaallot-nakymaton-apulainen/560442/>

Pedagogiikka netissä. 2019. Sähkömagneettisen aaltoliikkeen spektri. [Valokuva]. Saatavana: <https://peda.net/oppimateriaalit/e-oppi/lukiot/rauma/rauman-lyseon-lukio/fysiikka/sijaisopettaja/resonanssi-7/1ssjf/1-1-spektri>

STUK. Heinäkuu 2005. Ionisoimaton säteily ja ihminen. [Verkkajulkaisu]. [Viitattu 15.1.2019]. Saatavana: <http://www.julkari.fi/handle/10024/124976>

TraviCom. 21.3.2013. Jarno Ilme valittu taajuushallinnon uudeksi johtajaksi [Verkkajulkaisu]. [Viitattu 5.1.2018]. Saatavana: <https://legacy.viestintavirasto.fi/viestintavirasto/ajankohtaista/2013/jarnoilmevalittutaajuushallinnonuudeksihohtajaksi.html>

Vidmar, M. 1.10.2005. An Improved Microwave Weed Killer. [Verkkajulkaisu]. [Viitattu 15.1.2019]. Saatavana: <http://typnet.net/Articles/WeedKiller.pdf>

Wolff, C. Ei päiväystä. Magnetron. [Verkkosivu]. Radartutorial.eu. [Viitattu 5.1.2019]. Saatavana: <http://www.radartutorial.eu/08.transmitters/Magnetron.en.html>

8 Liitteet

Käsittelyaika sekuntia		Hehtaarin käsittely aika		Ottoteho 1.4 kw/h		Antoteho 0.8 kw/h	Hukka energia kw/h	Littraa polttoainetta/Ha (247g/kwh)		Torjunta tulos
300	s (laatikko)	25720,2	tuntia	36008,2	Kwh/Ha	28806,6	7201,6	8885,9	L/Ha	Ei itämistä
300	s (laatikko)	25720,2	tuntia	36008,2	Kwh/Ha	28806,6	7201,6	8885,9	L/Ha	Taimet tuhoutu täysin
150	s (laatikko)	12860,1	tuntia	18004,1	Kwh/Ha	14403,3	3600,8	4443,0	L/Ha	Taimet tuhoutu täysin
75	s (laatikko)	6430,0	tuntia	9002,1	Kwh/Ha	7201,6	1800,4	2221,5	L/Ha	Taimet tuhoutu täysin
37,5	s (laatikko)	3215,0	tuntia	4501,0	Kwh/Ha	3600,8	900,2	1110,7	L/Ha	Noin 50 % taimi
15	s (laatikko)	1286,0	tuntia	1800,4	Kwh/Ha	1440,3	360,1	444,3	L/Ha	Noin 5 % taimi
10	s (laatikko)	857,3	tuntia	1200,3	Kwh/Ha	960,2	240,1	296,2	L/Ha	Ei mittauksia
5	s (laatikko)	428,7	tuntia	600,1	Kwh/Ha	480,1	120,0	148,1	L/Ha	Ei mittauksia
1	s (laatikko)	85,7	tuntia	120,0	Kwh/Ha	96,0	24,0	29,6	L/Ha	Ei mittauksia
0,5	s (laatikko)	42,9	tuntia	60,0	Kwh/Ha	48,0	12,0	14,8	L/Ha	Ei mittauksia
0,25	s (laatikko)	21,4	tuntia	30,0	Kwh/Ha	24,0	6,0	7,4	L/Ha	Ei mittauksia
0,1	s (laatikko)	8,6	tuntia	12,0	Kwh/Ha	9,6	2,4	3,0	L/Ha	Ei mittauksia

