



HARRAN ÜNİVERSİTESİ MÜHENDİSLİK DERGİSİ

HARRAN UNIVERSITY JOURNAL of ENGINEERING

e-ISSN: 2528-8733 (ONLINE)

URL: <http://dergipark.gov.tr/humder>

Mikrodalga ile yabancı ot kontrolü yönteminde farklı kabin boyutlarının mortalite oranına ve enerji yoğunluğuna etkisinin araştırılması

Investigation of the effect of different cabin dimensions on the mortality rates and energy density in microwave weed control method

Yazar(lar) (Author(s)): Hasan ŞAHİN¹

¹ ORCID ID: 0000-0002-3977-4252

Bu makaleye şu şekilde atıfta bulunabilirsiniz (To cite to this article): Sahin, H. “Mikrodalga ile yabancı ot kontrolü yönteminde farklı kabin boyutlarının mortalite oranına ve enerji yoğunluğuna etkisinin araştırılması”, *Harran Üniversitesi Mühendislik Dergisi*, 6(2): 80-90, (2021).

Erişim linki (To link to this article): <http://dergipark.gov.tr/humder/archive>



Mikrodalga ile yabancı ot kontrolü yönteminde farklı kabin boyutlarının mortalite oranına ve enerji yoğunluğuna etkisinin araştırılması

Hasan ŞAHİN

Harran Üniversitesi Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu Makine Bölümü, 63200 Eyübiye Kampüsü/ŞANLIURFA

Öz

Yabancı ot mücadelesinde yaygın olarak kullanılan kimyasalların zararları anlaşıldıkça, özellikle organik tarım uygulamalarında, kimyasal olmayan mücadele yöntemleri yeni bir alternatif haline gelmektedir. Tarımsal üretimin artması ve gelişmiş ülkelerde tarımsal kimyasalların kullanımı ile ilgili bazı kısıtlamalara gidilmesi, çevreci yöntemler olan elektrik akımı ve mikrodalga için yeni bir fırsat olmuştur. Bu çalışmada, tarımsal üretimde istenmeyen bitki ve tohumların kontrolünde kullanılan 2.45 GHz frekanslı mikrodalga uygulamalarında, farklı mikrodalga kabin hacimlerinin (0.026, 0.06, 0.12 ve 0.21 m³) olası ısı ve performans etkileri araştırılmıştır. Mikrodalga kabinlerinde kalite faktörü olarak ifade edilen *Q*, yayılan dalgaların frekans genişliğine göre değiştiğinden, farklı kabin boyutlarının kalite faktörüne etkileri de değerlendirilmiştir. Farklı kabin hacimlerinde elde edilen kabin içi enerji yoğunlukları hesaplanarak, mikrodalga ile yabancı ot kontrolü yönteminde optimum kabin hacmi araştırılmıştır. İç kabin hacmi büyüdükçe ve kaynak ile hedef arasındaki mesafe arttıkça, hedef tarafından depolanan enerji miktarında azalma olduğu gözlenmiştir.

Makale Bilgisi

Başvuru: 13/11/2020

Yayın: 31/08/2021

Anahtar Kelimeler

Mikrodalga
Yabancı ot kontrolü
Kalite faktörü
Kabin hacmi
Kimyasal olmayan
yöntem

Keywords

Microwave,
Weed control
Quality factor
Cabin volume
Non-chemical method

Investigation of the effect of different cabin dimensions on the mortality rates and energy density in microwave weed control method

Abstract

As the harms of chemicals commonly used in weed control are understood, non-chemical control methods are becoming a new alternative, especially in organic farming applications. The increase in agricultural production and some restrictions on the use of agricultural chemicals in developed countries have been a new opportunity for environmentally friendly methods of electric current and microwave weed control applications. In this study, the possible thermal and performance effects of different microwave cabin volumes (0.026, 0.06, 0.12 ve 0.21 m³) in 2.45 GHz frequency microwave applications used in the control of unwanted plants and seeds in agricultural production were investigated. Since *Q*, expressed as the quality factor in microwave cabinets, changes according to the frequency width of the emitted waves, the effects of different cabinet sizes on the quality factor were also evaluated. It was observed that as the interior cabin volume increases and the distance between the source and target increases, the amount of energy stored by the target decreases.

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Yabancı ot kontrolünde kullanılan herbisitler, yabancı otların fizyolojik gelişmelerini etkileyerek tarımsal ürün kaybını en aza indirmeyi amaçlar. Herbisit kullanılarak uygulanan kontrol yöntemleri tarımsal alanlarda olduğu kadar, tarım dışı alanlarda da yaygın olarak başvurulan yöntemlerdir. Bu kimyasalların zamanla içme ve sulama sularına karışması ve tarımsal ürünler üzerinde kalıntı oluşturması nedeniyle ciddi çevre ve sağlık sorunlarına neden olmaktadır. Yapılan bilimsel çalışmalar, içme sularında tespit edilen herbisitlerin ozon arıtma yöntemi ile sudan ayrıştırılabildiği, ancak orflurazon ve oxadiazonun gibi bazı herbisitlerin kullanıldıktan bir ay sonunda bile gıda ürünleri üzerinde ve toprakta kalıntı bıraktığı tespit edilmiştir [1], [2], [3].

Tarımsal kimyasalların zararları ortaya çıktıkça ve toplumsal çevre bilinci oluştuğça, kimyasal olmayan kontrol yöntemlerine ilginin arttığı görülmektedir [4]. Bununla birlikte Birleşik Krallık ve Avrupa ülkelerinde triazinlerin tarımsal alanlar dışında kullanımına kısıtlamalar da getirilmiştir [5] [6]. Kimyasal kontrol yöntemlerinin tamamen terkedilmesi ve organik tarıma geçilmesi oldukça istenen bir durum olarak ortaya çıkmaktadır. Buna rağmen, birçok üretici uygulama kolaylığı ve ekonomikliğı nedeniyle herbisit kullanımını tercih etmektedir [7]. Mikroalga ile yabancı ot kontrolü yöntemi, toprak dezenfektasyonu, istenmeyen bitki tohumlarının çimlenmesinin kısıtlanması ve çimlenmiş bitkilerin mikroalgaya maruz bırakılması gibi uygulamalarla 70'li yıllardan beri üzerinde çalışılan bir yöntemdir.

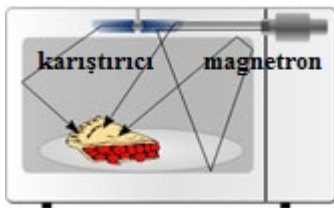
Yüksek frekanslı elektromanyetik dalgalar (2.45 GHz) ile yapılan tarımsal dezenfektasyon uygulamalarında patojenlerin ve yabancı ot tohumlarının ısısı yükseltilerek sonuç elde edilmeye çalışılır [8], [9]. Bu uygulama ile bitki gövde ve yapraklarında solma ve kısa bir süre sonra da mortalite gerçekleşmektedir. Yapılan bazı çalışmalarda mikroalga enerjisi kullanılarak toprak iyileştirme ve ıslahı, çevre mühendisliğinde mikroalga ısıtma uygulamaları, atık işleme, mineral işleme ve aktif karbon rejenerasyonu gibi birçok işlem yapılmaktadır [10] [11]. Elektrik arkı ile yabancı ot kontrolü de kimyasal olmayan alternatif yöntemlerden birisidir. İstenmeyen bitkilerin yok edilmesinde elektrik arkı veya akımı kullanılarak uygulanan bir yöntemdir. Transformatör yardımıyla yükseltilerek uygulanır. EDS de metal elektrot bitkiye temas ettiğinde, elektrik akımı toprak yoluyla devresini tamamlayarak elektrik enerjisinin bitki dokularına yayılarak doku içerisindeki sıvıyı buharlaştırmaya çalışır. Bu şekilde yabancı bitkinin yaşamının kısıtlamasına çalışılır. [12] yaptıkları elektrik ark düzeniği ile yabancı ot kontrol denemeleri yapmıştır. Bu düzenek, yüksek voltajlı bir elektrik kaynağına bağlanmış bir elektriksel iletken çubuk ile yabancı otlara elektrik akımı vermek suretiyle kullanılmıştır. [13], yaptığı çalışmada bakır iletken elektrotların temas ettiği 1 haftalık çimlendirilmiş bitkilerin gövdesi üzerinden 300, 420 ve 540 saniye süre ile 100, 200 ve 300 volt elektrik enerjisi ile akım geçirerek bitkilerde %70 ile %100 arasında ölüm oranları elde etmiştir. Yapılan benzer bir çalışmada da, 220 ve 300V gerilimlerde tekli elektrot yönteminde %8 ile %11 arasında mortalite oranları gerçekleşirken, çoklu elektrot yönteminde bu oranlar %10 ile %17 civarlarında gerçekleşmiştir [14].

Elektromanyetik dalgalar taşıdıkları enerjiyi yayıldıkları alanlarda bulunan diğer nesnelere transfer ederek yol alırlar. Poynting vektörü bir elektromanyetik dalganın, birim yüzeye birim zamanda taşıdığı enerji miktarıdır.

Bu vektör ;

$$S = \frac{1}{\mu_0} E \times B \quad (1)$$

ile gösterilir. S Poynting vektörünün birimi W/m^2 dir. S Poynting vektörünün yönü ise, elektromanyetik dalganın yayılma yönündedir [15]. Elektromanyetik dalgalar, havada, katı maddelerde ve boş uzayda yayılabilme özelliğine sahip dalgalardır. Bu dalgaların yayılması manyetik alanın (H-volt/m), elektrik alanı (E-amper/m), elektrik alanın ise manyetik alanı oluşturması şeklinde gerçekleşir [16]. Mikroalga ve radyo frekansı ile ısıtmaya dielektrik ısıtma denir. Magnetron tarafından üretilen mikroalgalar karıştırıcı yardımıyla uniform (düzgün) bir ısıtma sağlamak için dağıtılır (Şekil 1). Mikroalgalar elektriksel olarak nötr olan plastik, kağıt, cam ve seramik gibi malzemelerden geçerken, elektrik yüklü olan malzemeler tarafından soğrulur ve metaller tarafından da yansıtılır [17].



Şekil 1. Mikroalga fırınlarında magnetron ve karıştırıcı [18].

Endüstriyel, bilimsel ve tıp ISM (Industrial, Scientific and Medical) alanında kullanılacak mikrodalga enerji bant aralıkları ve maksimum güç limitleri FCC (Federal Communication Commission) tarafından belirlenmiştir. Mikrodalga ısıtmada (ISM uygulamalarda) 2.45 GHz kullanılır ve bu frekans bantları için endüstriyel ekipmanlar ticari olarak kolayca temin edilebilmektedir. ISM uygulamaları için farklı ülkelerde farklı frekanslar tahsis edilmiştir [19]. Mikrodalgaların frekansı artırılarak moleküllerin hareket hızını da artırılır ve sonuçta moleküler titreşim ve çarpışma artarak maddelerin ısısı yükseltilir [20], [21].

Tarımsal ürünler ve bitkiler değişik polar moleküller ve bir miktar su içermektedirler. Dağınık halde bulunan bu moleküller, elektrik alanı uygulandığında madde içerisindeki moleküller frekansa bağlı olarak polaritesi hızla değişen elektrik alan etkisiyle dipol dönme hareketi yaparlar. Örneğin; 2.45 GHz frekanslı mikrodalga üreten bir magnetronda, elektrik alanın yönü bir saniyede 2,45 milyar kez değişir. Hızla değişen elektrik alanı alının polaritesine uyum sağlamak için polar moleküllerin dönerek, birbirleri ile ve ortamdaki diğer moleküllerle çarpışarak açığa çıkan ısı nedeniyle maddeler ısınır [22], [23]. Elektromanyetik dalgaların biyolojik maddeler üzerindeki etkilerine olan ilgi aslında 19. Yüzyıl sonlarında başlamış ve bu dönemde yapılan çalışmaların çoğu Radyo Frekanslarının (RF) bitki tohumlarına olan etkileri ile ilgilidir [24]. Mikrodalga ile gerçekleşen ve organik sentez olarak anılan ilk kimyasal reaksiyon 1986 da rapor edilmiştir [25], [26].

II. Dünya savaşı sırasında bilim adamları radar direklerine çarpan kuşların yere kızarmış olarak düştüğünü fark etmişler ve bu olaydan sonra mikrodalga ile pişirme fikri ortaya çıkmıştır [27]. Savaştan kısa bir süre sonra da mikrodalga fırınların kamuoyuna tanıtımı gerçekleştirilmiştir [28].

Mikrodalga enerji geleneksel ısıtma teknolojilerine göre üstünlüklere sahiptir. Geleneksel ısıtmada yüzeye yakın yerlerde yüksek sıcaklık, merkeze doğru ise düşük sıcaklıklar oluşmasına rağmen mikrodalga ısıtmada ısıtılmak istenen nesnenin merkezine doğru sıcaklık artmaktadır. Tarımsal uygulamalarda mikrodalga enerji bitki gövdesinin merkezinde en yüksek sıcaklığa ulaşılmasına neden olmakta ve bu sıcaklık su ile dolu olan ksilem dokusunda solmaya neden olmakta ve bitkiyi öldürmektedir [29]. Tarımsal denemelerde bitkinin olduğu kadar, toprağın da dielektrik özellikleri ve topraktaki sıcaklık dağılımı bazı araştırmacılar tarafından çalışılmıştır [30]. Genel olarak, mikrodalga fırın içinde oluşturulan alternatif elektromanyetik alan gıda içindeki polar moleküller ve iyonların uyarılma, döndürme ve çarpışmasına yol açar. Bu moleküller sürtünme ile ısı üretir ve daha sonra sıcaklık artışa neden olur. İki ana mekanizma, yani dipolar ve iyonik etkileşimleri, gıda maddeleri içinde ısının nasıl oluştuğunu açıklar [31], [32].

Mikrodalga enerji ile yapılan çalışmalarda, aynı zamanda toprağın birkaç santimetre derinliğinde gömülü olan bitki kökleri ve tohumlarını öldürebildiği tespit edilmiştir [33], [34]. [35] çalışmalarında iki yabancı ot türün ortadan kaldırılması için gerekli olan enerjiyi belirlemek üzere çavdar otu ve kolza tohumu çimlendirerek mikrodalgaya maruz bırakmışlardır. Sonuçta, tarlada hâlihazırda çimlenen otsu türlerin elimine edilmesinin teknik olarak mümkün olduğunu göstermişlerdir. Başka bir çalışmada elde edilen sonuçlara göre, 50 saniye süre ile mikrodalga uygulanmış tere tohumlarında çimlenme oranı %96 iken, mikrodalga uygulanmayan tere tohumlarında çimlenme oranı %65 civarında gerçekleşmiştir. Bu durum, mikrodalganın ısı etkisi sonucu tohumlardaki çimlenme oranını ve çimlenme hızını artırması şeklinde değerlendirilmiştir [36]. İstenmeyen bitki ve tohumlarının kontrolü amacıyla, mikrodalga enerjisinin kullanılması yakın geçmişte popülerlik kazanmıştır. Yüksek enerjiye temeline dayanan mikrodalgalar yabancı ot kontrolünde başarılı sonuçlar vermektedir [37]. Çevrede herhangi bir kimyasal kalıntı bırakmadığı için, mikrodalga radyasyonun bir yabancı ot kontrol yöntemi olarak kullanılması iyi bir alternatif olma potansiyeline sahiptir [38], [39]. Yapılan başka bir çalışma da ise, mikrodalga enerjiye maruz bırakılan toprakta tarımsal ürün veriminde artış (buğdayda tane verimindeki %96) gözlenmiştir [40].

Yeterli güç seviyesi ve yeterli süre mikrodalgaya maruz kalan yabancı hardal, yabancı yulaf ve tere gibi yabancı otlarda yüksek mortalite oranları elde edilmiştir [41]. Mikrodalga yardımıyla tohum çimlenmesi ve fide performansının iyileştirilmesi için radyo frekanslı (RF) dielektrik ısıtmanın kullanımı ile ilgili çalışmalar da mevcuttur. Alfalfa tohumu iyileştirmesi ile ilgili yapılan çalışmada frekans, elektrik alan şiddeti, tohum nem içeriği, tohum sıcaklığı, varyant değişimi ve diğer faktörlerin etkisi araştırılmıştır [42]. Arpa tohumları üzerine yapılan başka bir çalışmada ise, arpa tohumlarının çıkış gücü 400 W olan mikrodalga ile arttırdıktan yüksek çimlenme oranları elde edildiği belirtilmiştir.

Ayrıca, mikrodalga radyasyonun hücre organelleri, enzim aktivitesi, genetik değişimler ve verim alt yapılarına etkisinin tam olarak anlaşılabilmesi için farklı bitkiler üzerinde de denenmesi gerektiği ifade edilmiştir [43]. Mikrodalga ısıtma veya kurutma bazen düşük kaliteli ürün oluşmasına da neden olmaktadır [44], [45], [46], [47], [48], [49].

2. MATERYAL ve METOT (MATERIAL and METHOD)

Çalışmada kullanılan deney düzeneğinde, konveyör bant yüzeyinden farklı hacimlerde ve kaynaktan belirli mesafelerde mikrodalgaya maruz bırakılan su kütlelerinde ilk ve son sıcaklıklar tespit edilerek absorp edilen enerji miktarı tespit edilmeye çalışılmıştır. Çalışmada, su kütlelerinin mikrodalga uygulama öncesi ve sonrası sıcaklıklarının ölçümünde digital sıcaklık ve nem ölçer (Cihazın, yarı iletken sensör ölçümü; 0 °C -40 °C ve termokupl geniş ısı ölçüm aralığı -20 °C ile 1000 °C dir. Nem ölçümü ise 0.1 % RH ve 100 % RH, doğruluk ise; ± 3.5 % RH dir. K-tip prop doğruluk ise; ± 3.0 okuma + 4 °C dir), infrared termometre (ölçüm aralığı ve doğruluk değerleri; -20 °C- 500 °C ve ± 2 °C, spektral tepki; 6~14 μm dir) ve saplama tip proflu termometreler kullanılmıştır (Şekil 2).



Şekil 2. Sıcaklık ölçüm cihazları

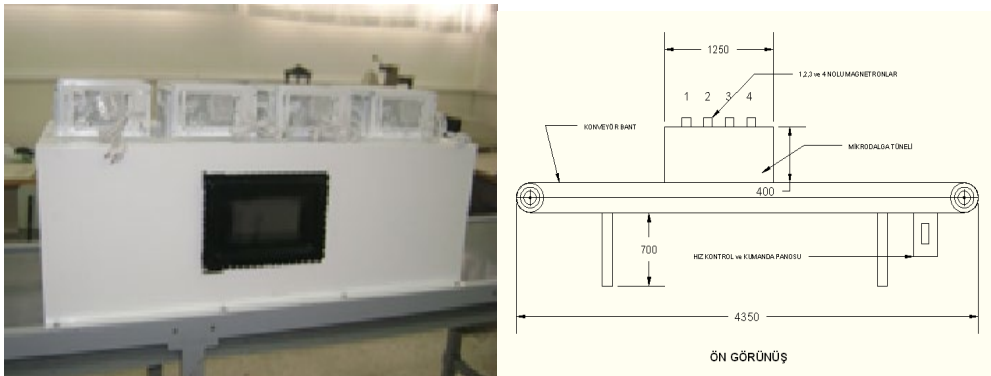
Farklı boyutlarda dört adet mikrodalga kabin hacmi tasarlanarak; 4 adet 1 kW, 2 kW ,3 kW ve 4 kW gücünde magnetrona sahip mikrodalga tüneli (Şekil 3) kullanılmıştır.

$$A: L_x = 20 \text{ cm} \times L_y = 30 \text{ cm} \times \text{ve } L_z = 40 \text{ cm} \text{ ise } V_A = 0.024 \text{ m}^3$$

$$B: L_x = 30 \text{ cm} \times L_y = 40 \text{ cm} \times \text{ve } L_z = 50 \text{ cm} \text{ ise } V_A = 0.060 \text{ m}^3$$

$$C: L_x = 40 \text{ cm} \times L_y = 50 \text{ cm} \times \text{ve } L_z = 60 \text{ cm} \text{ ise } V_A = 0.120 \text{ m}^3$$

$$D: L_x = 50 \text{ cm} \times L_y = 60 \text{ cm} \times \text{ve } L_z = 70 \text{ cm} \text{ ise } V_A = 0.210 \text{ m}^3$$



Şekil 3. 4 adet 1 kw magnetronlu hız kontrollü mikrodalga kabini

Bütün elektromanyetik dalgalar, boşlukta c (3.10^8 m/s) hızı ile yayıldıkları için, (f) frekansı ile (λ) dalga boyu arasında;

$$\lambda = \frac{c}{f} \quad (2)$$

bağıntısı vardır. Ancak, bu bağıntı monokromatik düzlemsel dalgalar için geçerlidir. Evsel ısıtma amaçlı kullanılan mikrodalga cihazlarda mikrodalga üreten magnetronlar 2450 MHz (2.45 GHz) frekansla çalışmaktadır. Bu frekansla çalışan cihazlarda mikrodalgaların dalga boyu, hız ve frekans değerleri yerine yazılırsa

$$\lambda = \frac{c}{f} = 3 \times 10^8 \text{ (ms}^{-1}\text{)} / 2.450 \times 10^9 \text{ s}^{-1} = 0.122 \text{ m (12.2 cm) olarak elde edilir.}$$

Hız (c), sabit olmak üzere, frekans (f) küçüldükçe dalga boyu büyüyecektir (Çizelge 1).

Çizelge 1. Frekansa bağlı olarak dalga boyu değişimi

c (m/s)	f (1/s)	λ (m)
300000000.00	2450000000.00	0.12
300000000.00	245000000.00	1.22
300000000.00	24500000.00	12.24
300000000.00	2450000.00	122.45
300000000.00	245000.00	1224.49
300000000.00	24500.00	12244.90
300000000.00	2450.00	122448.98
300000000.00	245.00	1224489.80
300000000.00	24.50	12244897.96
300000000.00	2.45	122448979.59

Üç boyutlu dalga denkleminin sınır şartları yardımıyla çözümü aşağıdaki denklem (3)'e uyan x , y , z doğrultusundaki durağan dalgaları verir.

$$\frac{1}{\lambda^2} = \frac{1}{\lambda_x^2} + \frac{1}{\lambda_y^2} + \frac{1}{\lambda_z^2} \quad (3)$$

Dalga boyları λ_x , λ_y ve λ_z ve lineer boyutları L_x , L_y ve L_z , olan bir hacimde mikrodalga yayıldığı kabul edilirse

$L_x = l \frac{\lambda_x}{2}$, $L_y = m \frac{\lambda_y}{2}$, $L_z = n \frac{\lambda_z}{2}$ burada l , m ve n doğal sayılardır. Ticari amaçlı üretilen mikrodalga fırınlarda L_x , L_y ve L_z boyutları mikrodalga dağılımının gerçekleştiği bölgenin boyutlarıdır.

Elektrik alanın x , y ve z yönündeki bileşenleri ise;

$$E_x = E_1 \cdot \cos(k_x \cdot x) \cdot \sin(k_y \cdot y) \cdot \sin(k_z \cdot z) e^{i\omega t} \quad (4)$$

$$E_y = E_2 \cdot \sin(k_x \cdot x) \cdot \cos(k_y \cdot y) \cdot \sin(k_z \cdot z) e^{i\omega t} \quad (5)$$

$$E_z = E_3 \cdot \sin(k_x \cdot x) \cdot \sin(k_y \cdot y) \cdot \cos(k_z \cdot z) e^{i\omega t} \quad (6)$$

şeklinde ifade edilir, burada ω mikrodalganın açısal (4,5,6) frekansıdır.

Mikrodalga fırınlarda kalite faktörü olarak ifade edilen Q , yayılan dalgaların frekans genişliği olan $\Delta\omega$ ve her döngüde meydana gelen enerji kayıplarının bir ölçüsüdür. Kalite faktörü Q rezonatörde depolanan enerji ile her döngüde meydana gelen enerji kayıplarının oranıdır. Bu duruma göre Q aşağıda verilmiştir (7,8)

$$Q = \omega E / (dE/dt) \quad (7)$$

dir, ancak $Q \gg 1$ ise

$$Q \approx \omega / \Delta\omega \quad (8)$$

olarak yazılabilir.

Mikrodalga kabinlerde enerji kayıpları dört faktörden dolayı meydana gelmektedir. Bunlardan ilki, mikrodalganın kabinden dışarıya çıkmasıdır. Bu nedenle, deneysel amaçlı düzenekler imal edilirken gerekli önlemler alınarak sızıntı miktarının ihmal edilebilecek seviyelere (5mW/cm^2) indirilmesi gerekmektedir. İkincisi de mikrodalga kabin iç yüzeyinde kullanılan metal malzemenin enerji soğurmasından kaynaklanır. Üçüncü faktör de (ki bu istenen bir durumdur) ısıtılmakta olan gıda maddesinin enerji soğurmasıdır. Sonuncu faktörde az bir ihtimalde olsa bazı dalgaların magnetrona geri dönmesi durumudur. Bu özellikle kabin boş çalıştırıldığı zaman daha olası bir durumdur. Bu nedenle magnetronların daha uzun ömürlü olması kabin boş çalıştırılmamasına da bağlıdır.

Eğer kabin içi boş durumda çalıştırılırsa iç yüzey kayıpları daha da önem arz eder. Bu kayıplar yaklaşık olarak (penetration depth) nüfuz derinliği δ dan (9,10) elde edilebilir.

$$Q_{boş} \approx V/S\delta \quad (9)$$

Nüfuz derinliği (penetration depth) $PD = \delta = \frac{\lambda\sqrt{\epsilon_r''}}{2\pi\epsilon_r''}$ cm dir.

Dielektrik kayıp açısı ise;

$$\tan \delta = \epsilon_r''/\epsilon_r' = \frac{\sigma}{\omega\epsilon} \text{ dir.} \quad (10)$$

Burada;

λ : dalga boyu

ϵ_r' : Dielektrik sabiti (Farad m^{-1}),

ϵ_r'' : Kompleks dielektrik sabiti (Farad m^{-1}),

ω : Mikrodalgaların açısal hızı (rad s^{-1}),

ϵ : Serbest uzaydaki dielektrik sabiti (Farad m^{-1}),

σ : İletkenlik (Siemens/meter) dir.

3. BULGULAR ve TARTIŞMA (RESULTS and DISCUSSION)

Kabin içi mikrodalga enerji yoğunluğunun, kaynak ile hedef kütle arasındaki uzaklığa bağlı olarak değişiminin tespiti amacıyla, hazırlanan su kütleleri A, B, C ve D hacimlerinde 20, 30, 40 ve 50 cm mesafelerde 100s süre ile mikrodalgaya maruz bırakılmıştır. Farklı hacim ve uzaklığa bağlı olarak gerçekleşen enerji absorpsiyon miktarları hesaplanmıştır (Çizelge 2, Çizelge 3).

Çizelge 2. Kabin boyutları ve güç seviyelerine göre kabin içi enerji yoğunlukları

	kabin hacmi (m ³)	mikrodalga çıkış gücü(kilowatt)			
		1	2	3	4
		kabin içi enerji yoğunluğu (kW/m ³)			
A	0.024	41.666667	83.3333	125	166.667
B	0.06	16.666667	33.3333	50	66.6667
C	0.12	8.3333333	16.6667	25	33.3333
D	0.21	4.7619048	9.52381	14.2857	19.0476

Çizelge 3. Farklı kabin boyutları ile elde edilen hacimler

	L_x (cm)	L_y (cm)	L_z (cm)	Volume (m ³)
<i>A</i>	20	30	40	$V_A = 0.024$
<i>B</i>	30	40	50	$V_B = 0.060$
<i>C</i>	40	50	60	$V_C = 0.120$
<i>D</i>	50	60	70	$V_D = 0.210$

Mikrodalga uygulanan kütlelerin absorp ettiği enerji miktarı hesaplanarak karşılaştırılmıştır. Kaynağa daha yakın bölgelerde yüksek sıcaklık değerleri tespit edilmiştir.

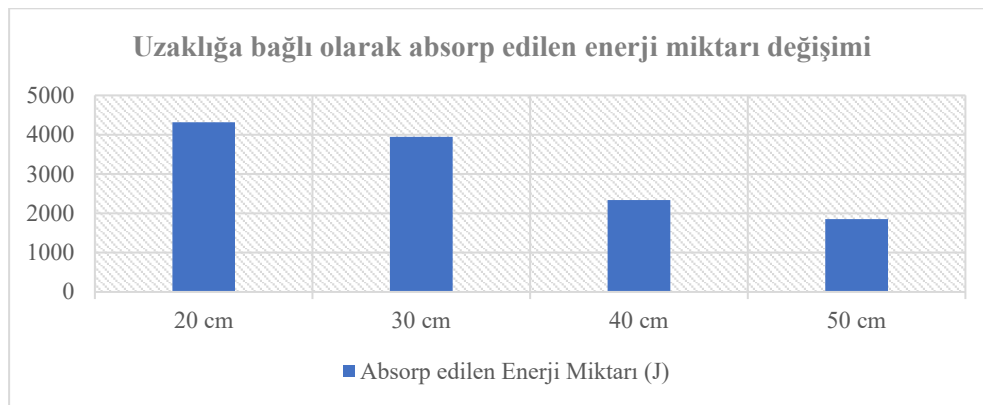
uzaklık 20 cm iken absorbe edilen enerji : 4.316 kJ

uzaklık 30 cm iken absorbe edilen enerji : 3.945 kJ

uzaklık 40 cm iken absorbe edilen enerji : 2.336 kJ

uzaklık 50 cm iken absorbe edilen enerji : 1.851 kJ

Yukarıdaki sonuçlara göre, iç kabin hacmi arttıkça ve kaynak ile hedef arasındaki mesafe arttıkça, hedef tarafından depolanan enerjide aynı oranında azalmaktadır.

**Şekil 3.** Uzaklığa bağlı olarak absorbe edilen enerji miktarı değişimi

4. SONUÇ (CONCLUSION)

Yabancı ot kontrol yöntemi olarak mikrodalgaların kullanılması çalışmaları, ileri teknoloji ve yüksek maliyet algısı gibi nedenlerle yeteri kadar ilgi görmemiştir [50],[51]. Bu nedenle, yapılan çalışmalarda enerji verimliliği ve maliyet hususlarının doğru tespit edilmesi önemlidir. Özellikle, olması gerektiğinden daha geniş ve yüksek tavanlı mikrodalga kabinlerinin kullanılmasının enerji kayıplarına neden olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca, mikrodalga çıkış noktası ile hedef bitki arasındaki uzaklığın artması mortalite oranlarında bir düşüşe neden olmaktadır [52]. Yapılan ölçümlerde kabin hacmi büyüdükçe birim hacim enerji miktarının azaldığı tespit edilmiştir [53]. Bu sonucun, mikrodalga enerji ile yabancı ot uygulamalarında optimum kabin hacmi seçimi yapılarak enerji tasarrufu sağlayacağı düşünülmektedir. Ayrıca, magnetronlar ile hedef bitki arasındaki mesafenin de doğru seçimi uygulamanın verimini doğrudan etkileyecektir. Tekli ve çoklu elektrot kullanılarak uygulanan elektrik akımı yönteminde de elektrot sayısı ve elektrot temas yüzeyinin verimi etkilediği bilinmektedir [54]. Kimyasal olmayan yabancı ot kontrol yöntemlerinden birisi de mikrodalga yabancı ot kontrol yöntemidir. Bu çalışmanın amacı, çevre dostu olan mikrodalga yabancı ot kontrol yönteminin ilgili bilim dalları tarafından tanınmasına ve geliştirilmesine katkıda bulunmaktır. Kanseri ve benzeri birçok hastalığa neden olan tarımsal kimyasalların kullanımının azaltılması için alternatif ve çevre dostu yöntemlere imkan sağlanması gerekmektedir. Bu nedenle sonuçların, karar vericilere ve politika yapıcılara kimyasal olmayan yabancı ot yönetimi çalışmaları için stratejiler geliştirmede yardımcı olabileceği düşünülmektedir.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

- [1] Weeds, D. A. F. F. Australian Department of Agriculture. Canberra: Fisheries and Forestry, 2006.
- [2] W. Hua, , E. Bennett, and R. Letcher, Ozone Treatment and The Depletion of Detectable Pharmaceuticals and Atrazine Herbicide in Drinking Water Sourced From the Upper Detroit River Ontario Canada. *Water Research* 40 (2006) 2259-2266.
- [3] G. Ying, and B. Williams, Dissipation of Herbicides in Soil and Grapes in A South Australian Vineyard. *Agriculture, Ecosystem And Environment* 78 (2000) 283-289.
- [4] H. Şahin, Tarımsal Üretimde Yabancı Ot Mücadelesinde Mikrodalga Yönteminin Uygulanabilirliğinin Belirlenmesi Üzerine Bir Araştırma, Doktora Tezi, Harran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2012.
- [5] A. Hildebrandt, M. Guillaumon, S. Lacorte, , R. Tauler & D. Barceló, Impact of pesticides used in agriculture and vineyards to surface and groundwater quality (North Spain). *Water research*, 42:13 (2008) 3315-3326.
- [6] D. Revitt, M. , J. B. Ellis, and N.R. Lewellyn, Seasonal Removal Herbicides in Urban Runoff. *Urban Water* 4 (2002) 13-19.
- [7] J. Ascard, Weed Control in Ecological Vegetable Farming. In A. Granstedt (Ed). *Proceedings of The Ecological Agriculture, Nordiske Jordbrugsforskeres Forening, Seminar, (1990) 178-184.*
- [8] F. Davis, J. Wayland, M. Merkle, Ultrahigh-Frequency Electromagnetic Fields For Weed Control: Phytotoxicity And Selectivity. *Science*, 173:1 (1971) 535-537.
- [9] S. O. Nelson, A Review And Assessment of Microwave Energy For Soil Treatment to

- Control Pests. Transactions of the Asae, 39:1 (1996) 281–289.
- [10] K. Zdzisław, A. Tomasz, Microwave-Enhanced Thermal Decontamination of Soil. Environmental Science & Technology, 32:17 (1998) 2602-2607.
- [11] D. A. Jones, T. P. Lelyveld, S. D. Mavrofidis, S. W. Kingman & N. J. Miles, Microwave Heating App. in Environmental Eng.-A Review. Resources, Cons and Rec. 34:2 (2002) 75-90.
- [12] R. H. Pluenneke & W. G. Dykes, Method And Apparatus For Using Electrical Current to Destroy Grasses and Weeds, 1975.
- [13] D. Hansson, J. E. Mattsson, Effect of Drop Size, Water Flow, Wetting Agent and Water Temperature on Hot Water Weed Control. Crop Protection 21:1 (2002) 773-781.
- [14] W. Kurfess, S. Kliesinger, Effect of Hot Water on Weeds. Proceedings 20th German Conference on Weed 265 Biology and Weed Control, Stuttgart-Hohenheim, (2000) 473- 477.
- [15] D. Halliday, R. Resnick, K. S. Krane, Fundamentals of Physics, John Wiley&Sons Inc., USA, 2002.
- [16] S. Fergedal, Weed Control By Freezing With Liquid Nitrogen And Carbon Dioxide Snow; A Comparison Between Flaming And Freezing. Communications Of The 4th International Conference I.F.O.A.M. Non-Chemical Weed Control, Dijon, France, (1993)163-166.
- [17] T. Heisel, J. Schou, S. Christensen, C. Andreasen, Cutting Weeds With A CO₂ Laser. European Weed Research Society Weed Research, 41:1 (2001) 19-29.
- [18] <https://www.mathsisfun.com/physics/waves-radio-microwave.html> (01.11.2020)
- [19] A. C. Metaxas, and R. J. Meredith, Industrial Microwave Heating. Iee Power Engineering Series 4, Peter Peregrinus Ltd., London, 1993.
- [20] S. Taheri, G. Brodie, , M. V. Jacob & E. Antunes, Dielectric Properties of Chickpea, Red and Green Lentil in The Microwave Frequency Range as A Function of Temperature and Moisture Content. Journal of Microwave Power and Electromagnetic Energy, (2018) 1-17.
- [21] A. W. Krasewski and S. O. Nelson, Application of Microwave Techniques in Agricultural Research. Sbmo/Ieee Mtt-S International Microwave And Optoelectronics Conference, (1995) 117–126.
- [22] R. E. Mudgett, Electrical properties of foods. *Engineering properties of food*, (1986) 329-390.
- [23] C. Buffler, Microwave Cooking and Processing: Engineering Fundamentals For The Food Scientist. New York: Van Nostrand Reinhold, 1993.
- [24] P.A. Ark, and W. Perry, “Application of High Frequency Electrostatic Field in Agriculture”, The Quarterly Review of Biology, 6:3 (1979) 277-287.
- [25] R. Gedye, F. Smith, K. Westaway, H. Ali, L. Baldisera, L. Laberge & J. Rousell, The use of microwave ovens for rapid organic synthesis. *Tetrahedron letters*, 27:3 (1986) 279-282.

- [26] R. J. Giguere, , T. L. Bray, S. Duncan, M. G. Majetich, *Tetrahedron Lett.* 27:1 (1986) 4945-4949.
- [27] A. Hill, ,Ilsi Europe Microwave Oven Task Force. *Microwave Ovens*. Brussels: Ilsi Europe; 1998.
- [28] R.V. Decareau, Chapter One: History Of The Microwave Oven. In: *Microwave Foods: New Product Development*. Trumbull: Food & Nutrition Press, Inc.; (1992) P.1-46.
- [29] F. B. Salisbury, and C. W. Ross, *Plant Physiology*, Wadsworth, Belmont, California, USA, 4th edition, 1992.
- [30] G. Brodie, S. Hamilton and J. Woodworth, “An Assessment of Microwave Soil Pasteurization For Killing Seeds And Weeds,” *Plant Protection Quarterly*, 22:4 (2007) 143–149.
- [31] T. Ohlsson, Domestic Use of Microwave Ovens. In: Macrae R, Robinson, Rk and Sadler, Mj, Editors. *Encyclopaedia of Food Science Food Technology And Nutrition*. Vol. 2. London: Academic Press; (1993) 1232-1237.
- [32] M. F. Diprose, F. A. Benson and A. J. Willis, “The Effect of Externally Applied Electrostatic Fields, Microwave Radiation and Electric Currents on Plants and Other Organisms, With Special Reference To Weed Control,” *The Botanical Review*, 50:2 (1984) 171–223.
- [33] W. Kang, S. Development of a Flame Weeder. *American Society of Agricultural Engineers*. 44:5 (2001) 1065-1070.
- [34] J.A. Ferrell, G. E. Macdonald, B. Sellers and C. Rainbott, Florida Cooperative Extension Service, Institute of Food And Agricultural Sciences University of Florida, 2007.
- [35] G. White, B. Bond, and M. Pinel, Return to The Age of Steam. *Hdc News No.* 61:1 (2000) 12-14.
- [36] D. Hansson, J. Ascard, Influence of Developmental Stage and Time of Assessment on Hot Water Weed Control. *Weed Res*; 42:4 (2002) 307–16.
- [37] N. Miler & D. Kulus, Microwave Treatment Can Induce Chrysanthemum Phenotypic and Genetic Changes. *Scientia Horticulturae*, 22:7 (2018) 223-233.
- [38] M. Vidmar, An Improved Microwave Weed Killer. *Microwave Journal* October 1, 2005.
- [39] H. Sahin, M. H. Aydoğdu, M. R. Sevinç, A proposal to design and develop a microwave weed controller for agricultural use. *Itegam-Jetia*, 6:26 (2020) 26-30.
- [40] Y. Funawatashi & T. Suzuki, Numerical Analysis of Microwave Heating of a Dielectric. *Heat Transfer-Asian Research*, 32:3 (2003) 227–236.
- [41] C. A. Balanis, *Advanced Engineering Electromagnetics*, John Wiley&Sons Inc., USA, 1989.
- [42] J. Mullin, Microwave processing. in G. W. Gould (Ed.), *New methods of food preservation*. Bishopbriggs, UK: Blackie Academic and Professional (1995) 112–134.
- [43] B. Velazquez-Martí, C. Gracia-López, & R. De La Puerta, Work Conditions For Microwave Applicators Designed To Eliminate Undesired Vegetation in A Field. *Biosystems Engineering*, 100:1 (2008) 31-37.

- [44] M. De Wilde, E. Buisson, N. Yavercovski, L. Willm, L. Bieder & F. Mesléard, Using Microwave Soil Heating to Inhibit Invasive Species Seed Germination. *Invasive Plant Science and Management*, 10:3 (2017) 262-270.
- [45] A. Rana, & J. F. Derr, Responses of Ten Weed Species To Microwave Radiation Exposure As Affected By Plant Size. *Journal of Environmental Horticulture*, 36:1 (2018) 14-20.
- [46] M. J. Khan, G. Brodie & D. Gupta, Effect Of Microwave (2.45 Ghz) Treatment of Soil on Yield Components of Wheat (*Triticum Aestivum L.*). *Journal of Microwave Power and Electromagnetic Energy*, 50:3 (2016)191-200.
- [47] S. O. Nelson, RF Electrical Seed Treatment to Improve Germination. In *2018 ASABE Annual Int. Meeting* (p. 1). American Society of Agricultural and Biological Engineers, 2018.
- [48] A. Rana, & J. F. Derr, Determining The Microwave Radiations Exposure Level Needed For Weed Control Using A Stationary and Running Belt Microwave Radiations Applicator System. *Journal of Environmental Horticulture*, 35:2 (2017) 58-65.
- [49] I. Cretescu, R. Căpriță, G. Velicevici, S. Ropciuc, & G. Buzamat, Response of Barley Seedlings To Microwaves At 2.45 Ghz. *Scientific Papers Animal Science And Biotechnologies*, 46:1 (2013) 185-191.
- [50] J. W. Skiles, Plant response to microwaves at 2.45 GHz. *A. Astronautica*, 58:5 (2006) 258-263.
- [51] H. Sahin & M. Yalınkılıç, Using Electric Current as A Weed Control Method. *European Journal of Engineering Research and Science*, 2:6 (2017) 59-64.
- [52] H. Şahin, Investigating the effect of single and multiple electrodes on mortality ratio in electric current weed control method with NDVI technique. *Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University*, 35:4 (2020) 1973-1984.
- [53] H. Sahin, Effects of Microwaves on The Germination of Weed Seeds. *Journal of Biosystems Engineering*, 39(4), (2014) 304-309.
- [54] H. Sahin & R. Sağlam, A Research About Microwave Effects on The Weed Plants. *Journal of Agricultural and Biological Science*, 10, (2015) 79-84.