SABİT KANATLI İNSANSIZ HAVA ARAÇLARINDA (İHA) KANAT TASARIMININ UÇUŞ SÜRESİ, MANEVRA KABİLİYETİ, KALKIŞ HIZI (V_{stall}) ÜZERİNE ETKİLERİNİN ARAŞTIRILMASI

Ersin AKŞAR¹, Serdar SELİM^{2,3}

¹Lisans Öğrencisi, Akdeniz Üniversitesi, Fen Fakültesi, Uçay Bilimleri ve Teknolojileri Bölümü, 07100, Antalya, ersinaksar@yandex.com

²Dr. Öğr. Üyesi., Akdeniz Üniversitesi, Fen Fakültesi, Uçay Bilimleri ve Teknolojileri Bölümü, 07100, Antalya,

³Dr. Öğr. Üyesi., Akdeniz Üniversitesi, Uzaktan Algılama Araştırma ve Uygulama Merkezi, 07100, Antalya, serdarselim@akdeniz.edu.tr

ÖZET

Bu çalışmada sabit kanatlı İHA'lar için sadece kanat tasarımının farklılaştırılarak uygulama alanının amaçları doğrultusunda istenilen özelliklerin karşılanıp karşılanamayacağı ya da ne ölçüde karşılanabildiği araştırılmıştır. Çalışmada kullanılan standart kanat profili için çeşitli tasarımların uçuşa etkileri incelenmiştir. Kullanılan İHA'nın motor, donanım, yazılım gibi özellikleri yapılan tasarım için yeter ve uygun kabul edilmiştir. Kanada ait özellikler olan chord ve span uzunluğu, dihedral açısı, aileron, flap ve winglet gibi özelliklerin amaca uygun olarak seçilmesi ve değiştirilmesi ile uçuş performansı arasındaki ilişki ortaya konulmuştur.

Sonuç olarak, sabit kanatlı bir İHA'nın kanat tasarımının değiştirilmesiyle ne gibi avantajların elde edileceği araştırılmış, kanat tasarımının özellikle uçuş süresi, manevra kabiliyeti ve kalkış hızı üzerine etkisi ortaya konulmuştur.

Anahtar Sözcükler: İHA, sabit kanat, kanat tasarımı, uçuş performansı

ABSTRACT

INVESTIGATION OF THE EFFECTS OF WING DESIGN ON FLIGHT TIME, MANEUVERABILITY AND VELOCITY (V_{STALL}) IN FIXED WING UAV

In this study, the change in flight performance was investigated for fixed wing UAV, depending on the modified wing design. Flight impacts of various designs for the standard wing profile used in the study were examined. The features of the used UAV, such as engine, hardware, and software, are considered adequate and appropriate for the design. In the study, the relationship between flight performance and selection of wing features such as chord and span length, dihedral angle, aileron, flap and winglet was demonstrated. As a result, it has been researched what advantages can be gained by changing the wing design of a fixed wing UAV. The effect of UAV wing design to flight performance such as especially flight time, maneuverability and take-off speed.

Key Words: UAV, fixed wing, wing design, flight performance

1. GİRİŞ

Günümüzde teknolojinin hızla ilerlemesiyle hayatımıza yeni kavramlar ve teknolojiler girmektedir. Bunlardan bir tanesi de İHA'lardır (insansız hava araçları). Elektrik motorların ve devre kartlarının teknolojinin ilerlemesiyle daha da küçülmesi İHA Teknolojisinin doğmasına ön ayak olmuştur. İHA'lar günümüzde kargo, askerî, uzaktan algılama, ulaşım, gözlem ve sinema gibi bir çok alanda kullanılmaktadır. Bu ve buna benzer alanların İHA'ların kullanım amaçları farklı farklı olabildiği gibi benzerlik de göstermektedir. Bu amaçlar, kullanılan İHA'nın tasarım, yazılım, donanım, ağırlık, yük taşıma kapasitesi, hızı, havada kalış süresi ve manevra kabiliyeti gibi özelliklerini değiştirmekle birlikte birbirinden farklı çok sayıda İHA sınıfı ve tasarımı ortaya çıkmaktadır. İHA'ların hizmet edeceği amaca yönelik özel olarak tasarlanması İHA'ların işlevselliği ve görev ihtiyaçlarını yerine getirebilmesi açısından önemli bir duruma gelmiştir.

Bu çalışmada, standart bir sabit kanat İHA için kanat tasarımının, İHA'nın uçuş özellikleri üzerine etkisinin araştırılması amaçlanmıştır. Bu kapsamda, açık kaynak kodlu yazılım desteği ile kanat tasarımı yapılmış ve uçuş özellikleri yönünden tasarımın etkinliği analizlerle ortaya konulmuştur. Sabit kanatlı İHA'ların havada kalma süresinin arttırılması, özellikle büyük alanların haritalandırılmasında kullanıcılara büyük kolaylık sağlayacağı, batarya değiştirmeden ve iniş kalkış yapılmadan görevlerin tamamlanmasında etkinlik oluşturacağı öngörülmektedir.

2. UYGULAMA

XFLR5 programı kullanılarak kanatlar tasarlanmış analizler yapılmıştır. Analizlerden elde edilen değerlerin formüllerde kullanılarak iki farklı kanat tasarımının aynı İHA'nın manevra kabiliyeti, uçuş süresi ve kalkış hızı özellikleri üzerine etkileri bulunmuştur. Uygulama sırasında kanatları değiştirilen İHA'nın motor, pervane, ağırlık, batarya, yüzey sürtünmeleri aynı kabul edilmiştir.

2.1 İHA özellik seçimi ve tasarım istekleri

İHA kanat tasarımı, İHA'nın kullanılmak istenen alan, koşullar, durum ya da yerine getirilmesi gereken bir görevin varlığında ortaya çıkar ve şekillenir. Fakat bazı zorlu ya da özel görevlerde tasarlanan İHA'nın, görevin istediği özellikleri yerine getirebilmesi her zaman en iyi yol olmamaktadır. Şayet durum bu şekildeyse planlanan bütçenin üzerine çıkılması ya da başka önemli hususlardan feragat edilmesi gerekebilir. Bu noktada İHA tasarımında izlenecek yöntem ve akış şeması devreye girmekte ve İHA tasarımının görev için özelleşmesinde büyük rol oynamaktadır (Şekil 1). Bu özelleşme sırasında İHA'nın nereden kalkış yapmasının istendiği, hangi yöntemle kalkış yapmasının istendiği, iniş pistinin olup olmayacağı, iniş pistinin ne kadar uzunlukta olacağı, iniş pisti yoksa nasıl bir araziye ineceği, hangi yöntemle iniş yapmasının istendiği, yük taşımasının ya da ne kadar yük taşımasının istendiği, yük bırakmasının istenip istenmediği, havada kalış süresinin önemli olup olmaması eğer önemliyse ne kadar süre kalmasının istendiği, ne kadar hızla çıkmasının istendiği, hangi yüksekliklerde görev yapması gerektiği gibi görevin İHA'dan istediği özelliklerin yanında istemediği özellikler de bir o kadar önemlidir. Çünkü ancak bu şekilde tamamen görev için tasarlanmış özel bir İHA tasarımı ortaya konulabilmektedir.

Şekil 1. Tasarım Akış Şeması.

Durumu daha iyi açıklamak için kalkış pisti üzerinden örnek verilebilir. Eğer uzun bir kalkış pisti imkânlar dâhilinde ise ya da sağlanabiliyorsa İHA'nın vstall hızı pist uzunluğuna göre tolere edilerek artmasına izin verilebilir. Bu durumda da kalkış hızı formülü gereğince ağırlık arttırılabilir, yüksek hızda gidilmek isteniyorsa gidilmek istenen hızlarda daha iyi Clmax değerleri veren daha uygun bir kanat profili seçilebilir ya da kanatlar küçültülerek İHA daha ufak boyutlara getirilebilir. Tabii ki bu noktada belirlenen bütçeye uygun motor pervane ikilisinin seçimi ve eğer gerekiyorsa motorun modifiye edilmesi çok önemlidir. Bu örnek sadece kalkış pisti gibi bir imkânın İHA tasarımına etkisinin daha iyi anlaşılabilmesi göstermektedir ve diğer özellikler için de tasarımın ve özellikle de kanat profilinin önemini ortaya koymaktadır. Tasarım aşamasında görev analizinin iyi yapılması ve İHA'nın tüm imkânları en iyi şekilde kullanması, görevde başarıya ulaşma ihtimalini arttıracaktır.

2.2 Kanat Tasarımının Yapılması

Tasarlanan kanadın İHA'ya ne kazandırıp kaybettirdiğini görmek için bu yeni tasarlanan kanadı bir başka kanat tasarımıyla karşılaştırmamız gerekmektedir. Bu noktada önemli olan hususlardan biri, her iki kanat tasarımı için de kanat profilinin (airfoil) aynı olmasıdır. Bunun amacı airfoil'i belirlenmiş ama tasarımı devam eden kanatların chord, span, wing area, dihedral, flap (Şekil 2), winglet gibi kanat özelliklerinin değiştirilmesiyle İHA'nın uçuş süresi, manevra kabiliyeti, kalkış hızı kabiliyetlerindeki yapılan iyileştirmelerin görülmesidir. Flap kullanımı ile kanatlardan alınan lift ciddi miktarlarda artabilmektedir (Prisacariu ve Luchian, 2014).

Şekil 2. Kanat tasarımına flap eklenmeden önce ve flap eklendikten sonraki Cl-Aoa grafikleri.

2.3 Minimum Kalkış Hızı'nın (Vstall) Belirlenmesi

Minimum kalkış hızının hesaplanmasında İHA'nın kalkış yapacağı toplam ağırlığı (W), kanat yüzey alanı (S) ve maksimum lift katsayısı (Clmax) parametreleri büyük ölçüde etkindir (Raymer, 1992). Kalkış hızı aşağıdaki formül kullanılarak bulunmaktadır. Clmax değeri kanat profilinin alabileceği maksimum cl değerini ifade etmektedir.

$$V = \sqrt{(2 W g / \rho S Cl_{max})} \quad (\text{Virginia Tech, 2018})$$

Minimum kalkış hızı formülünde Clmax bulunmaktadır. Kalkış hızının hesaplanmasında kullanılacak olan Clmax değerinin belirlenebilmesi için bir reynold sayısına ihtiyacımız var. Reynold sayısı aşağıdaki formül ile hesaplanmaktadır. Burada reynold sayısının hassas olarak hesaplanabilmesi için akışkanın dinamik viskozitesi, kinematik viskozitesi, akışkanın yoğunluğu ve ortalama hızı gerekmektedir.

$$Re = \rho v l / \mu = v l / \nu \quad (\text{Virginia Tech, 2018})$$

Reynold sayısının hesaplanmasında hız girdimiz uçuş yapılacak olan yerdeki ortalama rüzgâr hızıdır ve 7 m/s olarak seçilmiştir. Bunun nedeni güvenli bir kalkış hızının belirlenmek istenmesidir. İHA'nın anlık hızının uçuş sırasında ölçülmesi ve yine uçuş sırasında İHA üzerinde bulunan basınç sıcaklık gibi diğer sensörlerden toplanan verilerin

kullanılmasıyla reynold sayısı çok daha doğru hesaplanabilir. Hesaplarda kullanılan sıcaklık ve hız değerleri ortalamadır. Burada yapılan kalkış için gerekli C_{lmax} değerlerinin seçilmesinde belirleyici rol oynayacak olan güvenli bir reynold sayısının hesaplanmasıdır. Formüller kullanılarak hesaplar yapıldığında reynold sayısı 95824.78 olarak bulunmaktadır. Bu değer yaklaşık 100 000 reynold olarak kabul edilecektir. Elde edilen bu reynold değeri incelenecek olan SD7080 ve SD7080 Flap Down airfoillerine ait C_l -Aoa eksenli 100 000 reynold değeri için çizdirilen grafikleri (Şekil 2) C_{lmax} değerlerinin belirlenmesi maksadıyla yan yana incelenmiştir.

Kanat tasarımında flap'lerin kullanıldığı ve kullanılmadığı durumlarda alınan kaldırma kuvvetini karşılaştırabilmek için belirli bir Reynold sayısı seçilmelidir. Bunun yapılma amacı incelenmek istenen kanat profillerinin C_{lmax} değerlerinin değişimini reynold sayısından bağımsız hâle getirmektir. Böylece güvenli bir alanda kalkış için gerekli hızı bulmada kullanılacak olan C_{lmax} değeri belirlenebilecektir.

Şekil 1'de elde edilen grafiklerde 100 000 reynold için tekrar inceleme yapıldığında (Şekil 3) kanat tasarımında flap kullanılmadan önce C_{lmax} değeri 1.242, flap kullanılarak ulaşılan C_{lmax} değeri ise 1.420 olduğu açıkça gözükmektedir.

a) SD7080 kanat profilinin C_l -Aoa eksenlerine göre 100 000 reynold değerlerinde davranış grafiği

b) SD7080 kanat profilinin, %30 alan +7 derece flap ile C_l -Aoa eksenlerine göre 100 000 reynold değerinde davranış grafiği (SD7080 Flap Down airfoili)

Şekil 3. 100 000 reynold için C_l ve Aoa değerlerinin karşılaştırılması;

Ulaşılan bu C_{lmax} katsayısıyla kalkış hızının hesaplanabilmesi için İHA'ya ait kanatların kuş bakışı yüzey alanı, İHA'nın toplam ağırlığı bilgileri de gerekmektedir. Bu çalışmada örnek olabilmesi için ağırlık $W = 3$ kg, chord 0.20 m, kanat açıklığı ise 1.8 m olarak alınmıştır. Alınan bu değerlere göre kalkış hızları hesaplandığında, $C_{lmax} = 1.242$ yani SD7080 profili için 100 000 reynold da kalkış hızı V_{stall} : 10.37 m/s olarak ve $C_{lmax} = 1.536$ yani s2027 Flap Down profili için 100 000 reynold da kalkış hızı V_{stall} : 9.32 m/s olarak bulunmuştur.

Sonuç olarak flap kullanımı, aynı şartlar altında İHA'nın daha düşük bir hızda kalkabilmesine olanak sağlamaktadır. Bu elde edilen sonucun İHA tasarımındaki etkisini görebilmek için tasarımı motor, pil ve pervane olarak da incelememiz gerekmektedir. Örneğin bir İHA'ya sağlanabilecek ödenek doğrultusunda alınabilecek malzemelerin kalite sınırının artması çok daha özgün tasarımların ortaya çıkmasını sağlayabilir. Bu durum İHA üzerinde kullanılacak motorun seçiminde motorun altına inmemesi gereken minimum hızın belirlenmesinde bir kriter oluşturmaktadır. Motorun altına inmemesi yani sürekli olarak sağlaması gereken hızın belirlenmesinden sonra farklı markada motorların kaç volt da kaç amper akım çekerek hangi pervanenin kullanılmasıyla kaç RPM'de ne kadar thrust yakalandığının incelenmesi motorun sağlayabileceği itki kuvvetinin İHA'yı hızlandırmak için yeterli olup olmadığının belirlenmesi için hayati öneme sahiptir. Aksi durumda İHA kalkış yapabilirse bile havadayken yeterli lifti sağlayamayacağından stall'a girecektir. Aynı zamanda motorun istediği bu değerlerin ve amaçlanan havada kalma süresinin yakalanabilmesi için İHA üzerinde bulunan motor ile elektronik devrelerin beslemesini sağlayacak amaca yönelik (güvenlik, hafiflik) en iyi batarya seçilmelidir. Burada bataryanın lityum iyon ya da polimer mi olacağı, kaç S ve mah olması gerektiği hassas ve dikkatli bir şekilde hesaplanmalıdır. İHA'nın görevini yerine getirebilmesi için hayati olan bu parametrelerin belirlenmesinde ortaya çıkan sorunlar İHA'nın kayıyla sonuçlanabilir, ciddi mal ve can kaybına neden olabilir. Bu zararların olmasını önlemek için tasarım sırasında İHA'nın içinde bulunabileceği zor durumlar düşünülüp havada ne kadar süzülebileceği ya da fail safe gibi seçenekler önceden oluşturulmalıdır.

2.4 Kanat Tasarımının Uçuş Süresine Etkisi

Kanat tasarımının uçuş süresine etkisinin belirlenebilmesi için incelenen İHA'nın motor, pervane, ağırlık, batarya, yüzey sürtünmeleri aynı kabul edilmiştir. Standart olarak alınan kanatta winglet ve flap bulunmamakta, dihedral açısı ise sıfır kabul edilmektedir. Tasarlanan kanatlarda flaplerin eklenmesi kanatlardan alınan lifti arttırmaktadır. Wingletler ise kanatlarda oluşan vortexleri azaltarak doğrudan lifti arttırmayıp oluşan sürtünme kuvvetini azaltmaktadır (Raymer, 1992). Böylece daha iyi bir aerodinamik yapı kazanıp sürtünmeye harcanan lift kazanç olarak geri dönmektedir.

Ele alınan İHA'nın kanat tasarımları hariç tüm özelliklerinin (ağırlıkları dâhil) aynı olduğunu varsayıldığında, flap kullanılan kanatlar ile daha düşük hızlarda daha yüksek lift alınabildiği 2.1 ve 2.2 kısımlarında gösterilmiştir. Bu doğrultuda sürtünme katsayılarını C_d ihmal ettiğimiz durumlar için flap kullanılan İHA'nın kalkış yapıp havada kalmasını sağlayabilecek boyutta lift üretmesi için flap kullanılmayan İHA'ya göre daha yavaş gitmesi yeterli olacaktır. Bu durum, flap kullanılan İHA'nın daha az motor gücü harcayarak uçmasını sağlayacaktır. Böylece İHA'nın batarya kullanım süresi artacaktır. Fakat bu noktada, bu koşulların sağlanması sürtünme katsayılarının (C_d) ihmal edilmesiyle mümkün olmuştur. Flap kullanılan profilin sürtünme katsayısı, havaya uyguladığı direnç nedeniyle flap kullanılmayan profilden daha yüksek olabilmektedir. Bu durum, kanat tasarımında flap kullanılarak kanat tasarımının uçuş süresine etkisinin incelenmesini zorlaştırdığından, kanatlarda flap kullanılmasının İHA'nın taşıma kapasitesine etkisinin incelenmesi ve artan taşıma kapasitesinin bir kısmının uçuş süresini uzatacak bataryalar için ayrılması daha uygun görülmüştür. Ancak uçuş süresinin istenilen düzeyde etkili bir şekilde artırılması için sürtünmeden kaybedilen enerjiler hesaplanıp pil ömrüne etkisi göz önüne alınmalıdır.

2.5 Taşıma Kapasitesi

Taşıma, İHA ile ne kadar yük taşıyabileceğimizin sınırlarını bulmak için hesaplanacaktır. Taşımanın hesaplanabilmesi için taşıma katsayısına, kanat alanına ve dinamik basınca ihtiyacımız vardır. Bu hesap (1) formülü ile gösterilmiştir.

$$L = q_{\infty} * S * C_l \quad (\text{Anderson, 2016}) \quad (1)$$

Burada dinamik basıncın q_{∞} elde edilmesi için hava yoğunluğu ρ ve uçuş hızı gerekmektedir. Dinamik basıncı 2 formülü ile hesaplayabiliriz.

$$q_{\infty} = 1/2 * \rho_{\infty} * V_{\infty}^2 \quad (\text{Anderson, 2016}) \quad (2)$$

(1) ve (2) denklemlerini düzenlersek İHA için taşımayı 5 denklemlerle hesaplayabiliriz. Lift'in birimi Newton olarak çıkmaktadır, bu hesaplamaların sonunda sonuçların daha iyi algılanabilmesi için kg cinsine dönüştürülecektir.

$$L = 1/2 * \rho_{\infty} * V_{\infty}^2 * S * C_l \quad (\text{Anderson, 2016}) \quad (3)$$

Flap döndürüldüğünde taşımadaki artış, kamburluktaki etkin artıştan ve hücum açısındaki hayali artıştan kaynaklanmaktadır (Anderson, 2016). Yani flaplerin kullanılmasıyla artan C_{lmax} katsayısı daha fazla yük taşınabilmesine olanak sağlamaktadır.

İHA'nın taşıma kapasitesinin tespitinde belirli bir hız yani reynold sayısı ve bu reynold sayısında kanatların İHA'ya takıldığı hücum açısına göre airfoilin verdiği C_l katsayısı kullanılacaktır. Hücum açısı 2 derece, uçuş sırasında İHA'nın hızı 22 m/s buradan da incelenecek reynold sayısı yaklaşık 300 000 reynold olarak alınmıştır (Şekil 4).

Şekil 4. 300 000 reynold ve 2 derece Aoa için Cl değerlerinin tespiti.

Şekil 4'te görüldüğü üzere SD7080 kanat profilinin 300 000 reynold da 2 derecelik hücum açısında Cl katsayısı yaklaşık 0.536 ve SD708 Flap Down kanat profilinin Cl katsayısı ise 0.998'dir. Bu değerleri kullanarak daha öncede bahsedildiği üzere kanat profilleri hariç tüm özellikleri aynı olan iki İHA'nın 22 m/s hızda taşıyabilecekleri ağırlıkları hesaplırsak SD7080 profili için taşıma kapasitesini 5.83 kg olarak ve SD7080 Flap Down profili için taşıma kapasitesini 10.86 kg olarak bulunmuştur. Sonuçlar incelendiğinde flap kullanımının İHA'nın verilen hızlarda taşıma kapasitesini yaklaşık iki katına çıkarttığı görülmektedir. Fowler flap, slat ve yüzey üzerindeki yarıkların kullanılmasıyla (slot) alınan lift 3 kata kadar ve ya daha fazla artırılabilir (Anderson, 2016).

2.6 Kanat Tasarımına Bağlı Olarak Manevra Kabiliyetinin Araştırılması

Kanat tasarımında dihedral, winglet, flap ve aileronların yüzde chord değerleri ve yapabildikleri açılar İHA'nın manevra kabiliyetine etki etmektedir (Boeing 2016). Bunun yanında İHA'ya yerleştirilen kanatların konumu da manevra kabiliyeti için önem arz etmektedir. Kanat ağırlıklarının hafifletilip, İHA'nın ağırlık merkezine uygun şekilde gövdeye yerleştirilmesiyle de İHA'larda manevra kabiliyetinin artacağı öngörülmektedir.

3. SONUÇ

Bu çalışmada İHA'larda kanat tasarımının İHA'nın kullanım amacına yönelik tasarlanmasının, İHA'nın kalkış hızı, uçuş süresi, manevra kabiliyeti üzerine nasıl etki ettiği ve sonuçları araştırılmıştır. Elde edilen sonuçlar, kanat tasarımının özellikle kalkış hızı, manevra kabiliyeti ve havada kalma süresine önemli oranda etki ettiğini göstermektedir. Kanat tasarımının değiştirilerek istenilen amacın şartlarını yerine getirme konusunda etkili bir İHA yapılabileceği öngörülmektedir. Bu doğrultuda eğer tasarlanmak istenen İHA'nın görevleri gereğince ağır yükler taşıması gerekiyorsa kanatlara flapler eklenebilir. Bu doğrultuda tasarlanan bir İHA'nın taşıma kapasitesini iki katına kadar çıkarabileceği hesaplanmıştır. Eğer görevin getirdiği koşullar nedeniyle İHA'nın kısa bir pistten kalkış yapması gerekiyorsa bu durumda İHA'nın kanat tasarımında vstall hızına etkiyen değişiklikler yapılabilir. Yine İHA üzerindeki sürüklenme katsayısı azaltılarak yakıt tasarrufu yapılabilir. İHA'nın tüm özelliklerinin aynı kalıp havada kalma süresinin artırılması yönünde bir görev istendiğinde, kanat tasarımı ile bu sürenin artırılacağı da bu çalışma sonucunda ortaya konulmuştur.

KAYNAKLAR

Anderson, J. D., 2016. Introduction to FLIGHT, Uçak ve Uzay Mühendisleri İçin Uçuşa Başlangıç, (Çeviri: Adil Yükselen), Nobel Akademik Yayıncılık, ISBN: 9786053203803, 944s.

Boeing, 2016., Boeing İnsansız Hava Aracı Tasarım Eğitim ve Yarışması, Boeing-İTÜ-Lecture-note.pdf, 323 s.

Prisacariu, V. ve Luchian, A. 2014. The Aerodynamic Analysis Of High Lift Devices, International Conference of Scientific Paper Afases 2014, Brasov

Raymer, D., P., 1992., Aircraft Design: A Conceptual Approach, American Institute of Aeronautics and Astronautics, Inc. 370 L'Enfant Promenade, S.W., Washington, D.C.

Virginia Tech. 2018. <http://www.dept.aoe.vt.edu/~lutze/AOE3104/takeoff&landing.pdf> [Erişim tarihi: 01.05.2018].

XFLR5, 2010, About Stability Analysis Using XFLR5, 70 s.