

İĞNE YAPRAKLI AĞAÇLARDA GEÇİT ASPİRASYONU

Hamiyet ŞAHİN, Nurgül AY

Karadeniz Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, Trabzon

ÖZET

Bu çalışmada, kapılar basınç tarafından oluşturulan kenarlı geçit aspirasyonunun mekanizması ve geçit aspirasyonu üzerinde etkili olan faktörler hakkında şimdiye kadar yapılmış çalışmaların bir özeti verilmektedir. Geçit aspirasyonu oluşumunda esas olarak, kapılar basınç, yüzey gerilim kuvveti, geçit zarının kendi doğal direnci, akışkanın higroskopik özellikleri ve hidrojen bağlarının etkili olduğu açıklanmış ve bu faktörler ayrıntılı olarak incelenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Geçit aspirasyonu, Yüzey gerilim kuvvetleri, Hidrojen bağları

THE ASPIRATION OF BORDERED PITS IN CONIFER WOOD

ABSTRACT

This paper reviews the possible mechanisms of aspiration in bordered pits due to capillary pressure, and the factors affecting pit aspiration in conifer wood. There are three factors involved in pit aspiration, any one or combination of those may control it. Those are: Surface tension forces tending to pull the torus into contact with the pit border, rigidity of stiffness of the pit membrane which results in a force opposing the surface tension forces exerted by the evaporating liquid, and adhesion of the torus to the pit border when they are brought into contact.

Key Words: Pit aspiration, Surface tension forces, Hydrogen bonding

1. GİRİŞ

Odun endüstrisinde, belirli amaçlar için ağaç türlerinden faydalanma büyük ölçüde onların koruyucu maddelerle empenye edilebilmelerine bağlıdır. İğne yapraklı ağaçlarda empenye maddelerinin ağaç malzeme içerisine nüfuz etmesinde esas rolü kenarlı geçit çiftleri üstlenmektedir (Wardrop ve Davies, 1961). Ancak, kenarlı geçitlerinin kolay aspirasyona uğraması ve böylece akışa önemli oranda direnç göstermesi bazı ağaç türlerinin, özellikle kurutma, empenye ve kurşun kalem endüstrisinde kullanımları için önemli sorunlar oluşturmaktadır.

Geçit aspirasyonu iğne yapraklı ağaçlar için ortak bir sorun olup, birçok araştırmaya konu olmuştur. Bu

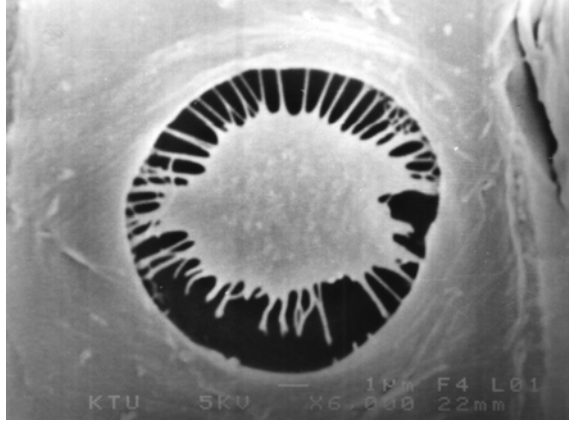
araştırmaların sonuçlarına göre, ağaç malzemedeki geçit aspirasyonu üzerinde geçitlerin doğal yapısının, akışkanın higroskopik özelliklerinin, yüzey gerilimin ve kapılar basıncının önemli bir etkiye sahip olduğu belirlenmiştir. Ayrıca, odundaki serbest suyun yüzey gerilimi düşük organik bir çözücü ile yer değiştirilmesi sağlandıktan sonra kurutulması halinde geçit aspirasyonunun önemli oranda azaltılabileceği belirtilmektedir.

Bu amaç doğrultusunda, geçit aspirasyonu oluşumu ve bu olayın gerçekleşmesini etkileyen faktörleri inceleyen çalışmaların özetlenmesi, bu konuda yapılacak araştırmalara bilimsel katkılar sağlayacaktır.

2. GEÇİT ASPİRASYONU

2. 1. Geçit Aspirasyonu Oluşum Mekanizması

İğne yapraklı ağaçlarda, gelişimini tamamlamış bir kenarlı geçit çiftinde geçit zarı (margo), geçit boşluğunun tam ortasında bulunur ve akış bir traheid



Şekil 1. Doğu ladini [*Picea orientalis* (L.) Link.] odunu traheidlerinin radyal çeperlerinde bulunan aspirasyona uğramamış bir kenarlı geçit çifti ($\times 6000$ büyültmede) (Şahin, 1996)

lümeninden diğerine margodan geçerek sağlanır. Margoda primer çeper ağından oluşmuş, torustan geçit kenarına kadar yarıçap yönünde uzanan ve torusu geçit kenarına bağlayan mikrofibriller bir yapı bulunur (Thomas ve Nicholas, 1966). Hücre gelişim evreleri sırasında enzimlerle dolu olan bu kısımda $0.1 - 1.0 \mu\text{m}$ çapında mikrofibril demetleri oluşmakta ve buradan sıvı akışları olabildiği gibi çok küçük katı taneciklerin akışları da sağlanabilmektedir (Bozkurt, 1992). Margo hem torustan hem de orta lamelden daha az selüloz içerir ve genellikle çok yüksek poroziteye sahiptir (Thomas, 1969). Geçit zarının bu ultramikroskopik yapısı elektron mikroskop çalışmaları ile ortaya konulmuştur. Şekil 1'de doğu ladini [*Picea orientalis* (L.) Link.] odunu traheidlerinin radyal yüzeylerinde bulunan aspirasyona uğramamış bir kenarlı geçit çiftinin elektron mikroskopta elde edilmiş görüntüsü verilmektedir. Burada, torustan geçit kenarına doğru uzanan mikrofibriller net bir şekilde farkedilmektedir.

Bu şekildeki bir geçit zarının statik konumu çevresindeki su fazının kapılar basıncına bağlıdır. Su buharlaşırken, basınçta oluşan değişimler sonucunda, torus mevcut konumundan kayarak basınç yönündeki geçit girişine doğru yönelmekte ve

kısmen veya tamamen geçit ağzını kapatarak geçit aspirasyonu oluşumuna neden olmaktadır (Brooker, 1989). Şekil 2'de doğu ladini [*Picea orientalis* (L.) Link.] odunu traheidlerinin radyal yüzeylerinde bulunan aspirasyona uğramış bir kenarlı geçit çiftinin elektron mikroskopta elde edilmiş görüntüsü verilmektedir.

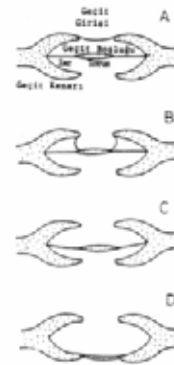


Şekil 2. Doğu ladini [*Picea orientalis* (L.) Link.] odunu traheidlerinin radyal çeperlerinde bulunan aspirasyona uğramış bir kenarlı geçit çifti ($\times 6000$ büyültmede) (Şahin, 1996)

Genel olarak, geçit aspirasyonu iğne yapraklı ağaç odunlarında su fazının kenarlı geçit çiftlerinin geçit girişinde oluşturduğu kavisli yüzeyin durumuna göre 2 farklı konumda meydana gelir (Hart ve Thomas, 1967).

2. 2. Tek Yönlü Kavisli Yüzey

Kenarlı geçit çiftinin bir tarafı kapalı su fazında ise diğer tarafta kavisli yüzeyde buharlaşma nedeni ile bir gerilim oluşur (Şekil 3. A) ve kavis çapı geçit



Şekil 3. Tek yönlü kavisli yüzeye sahip kenarlı geçit çiftinde aspirasyon oluşumu (Hart ve Thomas, 1967)

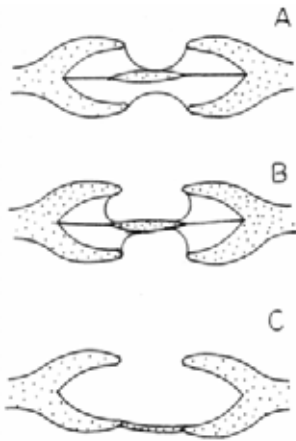
boşluğundan margoya doğru artar (Şekil 3. B). Başlangıçta su fazındaki düşük yüzey gerilim nedeni ile margo geçit boşluğunda düz bir konumdadır. Ancak buharlaşmanın devam etmesi ile su fazındaki basıncın çekme etkisi ve hava fazındaki basıncın artması ile geçit zarı su tarafındaki geçit girişine doğru çekilir (Şekil 3. C). Kavisli yüzey çapı ve yüzey gerilimindeki bu sürekli artış torusun geçit girişini tamamen kapatmasına kadar sürer. Bu şekildeki bir aspirasyon olayında, geçit tıkanması her zaman su fazı tarafında oluşur (Şekil 3. D).

Genel olarak, bu aspirasyon oluşumu, serbest suyun buharlaşması sırasında, bir lümendeki serbest su tamamen buharlaşırken kenarlı geçit ile bağlantılı olan diğer lümenin henüz serbest su ile dolu olduğu durumlarda görülür.

2. 3. Çift Yönlü Kavisli Yüzey

Kurutma sırasında odun rutubeti lif doygunluk noktasına yaklaştıkça, özellikle ilkbahar odunu traheidlerindeki kenarlı geçitlerin büyük bir bölümü serbest suyun lümenlerden buharlaşması sırasında geçitin her iki tarafında oluşan kavisli yüzey etkisi ile aspirasyona uğrar (Şekil 4. A). Serbest suyun buharlaşmaya devam etmesi sonucu kapılar basıncın diğerine oranla daha fazla olan kavisli yüzeyi ile torus bir süre sonra temasa gelir (Şekil 4. B). Kavisli yüzey çapının giderek arttığı taraftaki kapılar gerilimin çekme etkisi ile torus geçit girişini tamamen kapatarak aspirasyona neden olur (Şekil 4. C).

Bu açıklanan her iki aspirasyon mekanizması gerek dikili ağaçlarda ve gerekse kurutma sırasında serbest suyun buharlaşması sırasında görülebilmektedir.



Şekil 4. Çift yönlü kavisli yüzeye sahip kenarlı geçit çiftinde aspirasyon oluşumu (Hart ve Thomas, 1967).

3. GEÇİT ASPIRASYONUNU ÜZERİNDE ETKİLİ OLAN FAKTÖRLER

Öz odunu oluşumu esnasında meydana gelen geçit aspirasyonu nedeniyle öz odunu permeabilitesinin çok düşük olmasına rağmen, taze halde iken genellikle diri odun geçitlerinin tümü merkezi konumdadır ve oldukça permeabl durumdadır. (Wardrop ve Davies, 1961). Ancak, odunun kurutulması sırasında, geçit aspirasyonu özellikle taze halden lif doygunluk noktası rutubet derecesine kadar önemli oranda artar (Phillips, 1933).

Comstock ve Cote (1968)'ye göre, üç önemli faktör geçit aspirasyonunun kontrol edilmesinde etkin bir rol oynamaktadır. Bunlar:

1. Geçit zarını mevcut konumundan çekerek aspirasyona neden olan yüzey gerilim kuvveti,
2. Geçit zarının yüzey gerilim kuvvetlerine ters yönde etki gösteren kendi doğal direnci,
3. Aspirasyon sonrası geçit zarının geçit kenarına olan yapışma direncidir.

Birinci faktör, esas olarak sıvının yüzey gerilimine ve geçit açıklığı (porus), geçit boşluğu, torus ve geçit zarının porozif yapısına bağlıdır. Hart ve Thomas'a (1967) göre, geçit aspirasyonu tamamen mevcut yüzey gerilim kuvvetleri ve kapılar basıncın büyüklüğüne bağlıdır.

Daha sert olan geçit zarının aspirasyona uğraması için daha büyük kuvvet gereklidir. İlkbahar odunu geçitleri, yaz odunu geçitlerine nazaran daha büyük olması ve geçit zarının daha ince ve gevşek yapısı nedeni ile torusun ve margoyu saran selülozik mikrofibrillerin statik dirençlerinin zayıflığı da bilinmektedir (Comstock ve Cote, 1968; Liese ve Bauch, 1967a). Dolayısı ile kurutma sırasında odun lif doygunluk noktasına yaklaştıkça ilkbahar odununda bulunan kenarlı geçitlerin büyük bir kısmı aspirasyona maruz kalırken, aynı yüzey gerilim ve basınç altında yaz odunu traheidlerinin bazı kenarlı geçitlerinde aspirasyon görülür (Murmanis ve Sachs, 1969). Nitekim, Thomas ve Kringstad (1971) ve Banks (1981) yaptıkları çalışmalar sonucunda aspirasyon oluşumu ve dolayısıyla permeabilitenin azalmasında, geçitlerin doğal yapısının ve akışkanın higroskopik özelliklerinin de en az yüzey gerilim ve

basınç kadar önemli bir etken olduğunu göstermişlerdir.

Thomas ve Kringstad'a (1971) göre geçit aspirasyonu sıvının aşağıdaki özelliklerine bağlıdır.

Tablo 1. Bazı Organik Çözücülerin Kimyasal Özelliklerine Bağlı Olarak Geçit Aspirasyonu Oluşturabilme Kapasiteleri (Thomas ve Kringstad, 1971)

Organik çözücü	Formül	A ve V gruplar	σ (dyne/cm)	Suya göre şişme özelliği	Aspirasyon + (Evet) - (Hayır)
Amonyak	NH ₃	A ve V	18	116	+
Dietilamin	(C ₂ H ₅) ₂ NH	A ve V	16	108	+
Pirol	C ₄ H ₄ NH	A ve V	34	...	+
Su	H ₂ O	A ve V	72	100	+
Metanol	CH ₃ OH	A ve V	22	95	+/-
Etanol	C ₂ H ₅ N	A ve V	23	83	+
Piridin	C ₅ H ₅ N	A	38	118	-
Furfurol	C ₄ H ₃ CHO	A	44	68	-
Aseton	C ₃ H ₆ O	A	23	63	-
Quinolin	C ₉ H ₇ N	A	45	0	-
Benzen	C ₆ H ₆	-	29	0	-
Toluen	C ₇ H ₈	-	29	1.6	-
Pentan	CH ₃ (CH ₂) ₃ CH ₃	-	16	3	-

σ : Yüzey Gerilim Sabiti, A: Hidrojen Bağı Oluşturabilen Alıcı Gruplar, V: Hidrojen Bağı Oluşturabilen Verici Gruplar

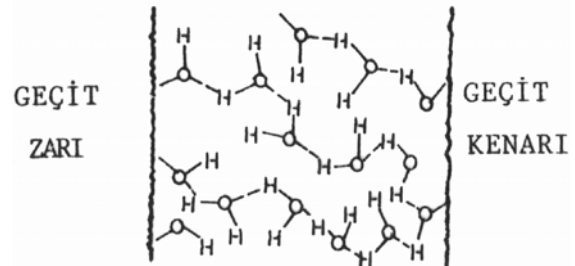
1. Hidrojen bağı oluşturabilen fonksiyonel gruplarının (alıcı ve verici grup) olması,
2. Odunun şişme özelliği üzerinde suya oranla eşit yada daha fazla etkili olması,
3. Yüzey gerilim kuvvetinin geçit zarının yer değişimini sağlayabilecek derecede büyük olması.

Aspirasyona neden olan kapilar kuvvetler sıvının yüzey gerilimine ve kavisli yüzeyin temas açısına bağlıdır. Bu nedenle yüzey gerilimi farklı iki ayrı organik çözücü ile odundaki suyun yer değiştirilmesi esasına göre yapılan bir kurutma işleminin birinde aspirasyon olurken diğerinde olmayabilir. Thomas ve Kringstad'ın (1971) bu yaklaşımla yaptıkları çalışmalarda elde edilen sonuçların bir özeti Tablo 1'de verilmektedir.

Liese ve Bauch (1967b), Bolton ve Petty (1977), Thomas ve Nicholas (1966), Comstock ve Cote (1968), Petty (1972), Thomas (1969) ve Bolton ve Petty (1977) tarafından yapılan çalışmalar, odunun bir süre yüzey gerilimi düşük organik çözücü içerisinde bekletilerek serbest suyun organik çözücü ile yer değiştirmesi sağlandıktan sonra kurtulması halinde geçit aspirasyonunun bir miktar önlenebileceğini göstermişlerdir. Ayrıca, suya göre daha düşük polariteye sahip bir organik çözücünün kullanılması kapilar gerilimleri azaltacağından torusun merkezi konumda kalmasını sağlayabilecektir.

Liese ve Bauch (1967b)'a göre, serbest su ile yer değiştirmek amacı ile kullanılan çözücünün 26 dyne/cm'den daha düşük bir yüzey gerilimine sahip olması halinde aspirasyon bir miktar daha fazla önlenmektedir.

Odunun serbest hidroksil grupları, buharlaşan sıvının fonksiyonel grupları ile hidrojen bağı oluşturarak hem geçitin aspirasyona uğraması için gerekli olan kapilar kuvvetlerin oluşmasına hemde geçit zarı ile geçit kenarı arasında bir yapışmanın meydana gelmesine ve aspirasyona uğramış geçitin bu durumunu korumasına neden olmaktadır. Kimyasal bağ oluşturmak için molekül yapısında hem alıcı hemde verici grupları olan organik çözücüler sadece serbest hidroksil grupları ile değil aynı zamanda kendi içlerinde de bağ oluşturarak geçit zarı ile geçit kenarı arasında çapraz bağlar yapabilirler (Şekil 5).



Şekil 5. Geçit zarı ile geçit kenarı arasında sürekli bir hidrojen bağı oluşturan alıcı ve verici grupların rolü (Thomas ve Kringstad, 1972).

Bu bağlar da kapılar gerilimin iletimini artırarak aspirasyon oluşumunu kolaylaştırır.

Bağ yapabilen alıcı ve verici gruplardan birine veya her ikisine de sahip olmayan organik çözücülerde kuvvetli çapraz bağlar oluşmadığı için aspirasyon etkisi de o oranda azalabilmektedir (Thomas ve Kringstad, 1972).

Hidrojen bağı oluşturma kapasitesi ile yüzey gerilim kuvveti arasında kesin bir ilişki bulunmamakla beraber, odunun higroskopik sınırlar içerisinde adsorpsiyon halinde şişmesi hidrojen bağı oluşumu ile doğrudan ilişkilidir. Margodaki fibrillerin selülozik yapıda oldukları kabul edilirse, adsorpsiyon halinde hücre çeperinde meydana gelen şişme, margodaki selülozik fibrilleri de genişleterek geçit açıklıklarının daralmasına neden olur. Bu mekanizma ise, aspirasyonu kolaylaştırıp akışı engelleyebilir (Banks ve Levy, 1980).

4. DEASPIRASYON

Geçitlerin aspirasyona uğramaları halinde, odunun su ile tam doygun hale getirildikten sonra çözücü değişimi yapılarak tekrar kurutulması durumunda bazı geçitlerin açılması (deaspirasyon) sağlanabilmektedir. Ancak odunun yaşı arttıkça tekrar suya batırma yöntemiyle deaspirasyon daha zor olmaktadır. Bunun nedeni, margo mikrofibrillerinin belli bir zaman periyodundan sonra Gerilme gevşemesi etkisi altına girmesidir. Bu gevşeme hali, hidrojen bağları nedeniyle geçit zarının eski durumuna dönmelerini engellemektedir. Ayrıca, bazı çalışmalarda, deaspirasyonun sağlanamamasının nedeni olarak, yapıştırma etkisine sahip olan hemiselüloz ve pektin gibi maddeler yüzünden, geçit aspirasyonundan sonra adhezyonda bir artış olabileceği gösterilmektedir (Flynn, 1995).

Diri odun geçitleri, suya daldırma yöntemiyle deaspire edilebilir. Bu, deaspirasyonun büyük bir miktarının suda çözünen emprenye maddeleri kullanılarak yapılan basınçlı emprenye işlemi sırasında meydana geldiğini göstermektedir. Diğer yandan, hidrojen bağlarını parçalama yetenekleri olmadığından deaspirasyon için petrol ürünlerinin kullanılması ümit verici değildir.

Öz odununda ise, ekstraktif maddelerin, geçit kenarıyla torus arasındaki bağlanmayı iyileştirici rol oynayan bir yapıştırıcı gibi görev üstlenmesi nedeniyle, öz odunu geçitlerinin suya batırılarak deaspire olmasına karşı dirençli hale gelmelerini sağlamakta, bu da öz odunda deaspirasyonu imkansız hale getirmektedir (Nicholas, 1973).

5. KAYNAKLAR

Banks, W. B. 1981. Addressing the Problem of Non Steady State Liquid Flow in Wood, Wood Science and Technology, 15, 171-177.

Banks, W. G., Levy, J. F. 1980. The Effect of Cell Wall Swelling on The Permeability of Grand-fir Wood, Wood Science and Technology, 14, 49-62.

Bolton, A. J., Petty, J. A. 1977. Influence of Critical Point and Solvent Exchange Drying on the Gas Permeability of Conifer Sapwood, Wood Science, 9 (4), 187-193.

Bozkurt, Y. 1992. Odun Anatomisi, İ. Ü. Orman Fakültesi Yayın No: 3652/415, İstanbul.

Brooker, R. E. 1989. "An Explanation for the Characteristic Appearance of Aspirated Pits", Second Pacific Regional Wood Anatomy Conference, October, 15-21, IAWA-Bulletin, 10 (3), 335.

Comstock, G. L., Cote, W. A. 1968. Factors Affecting Permeability and Pit Aspiration in Coniferous Sapwood, Wood Science and Technology, 2, 279-291.

Flynn, K. A. 1995. A Review of the Permeability, Fluid Flow and Anatomy of Spruce (Picea spp.), Wood Science and Technology, 27 (3), 279-284.

Liese, W., Bauch, J. 1967a. On Anatomical Causes of the Refractory Behaviour of Spruce and Douglas Fir, Journal Inst. of Wood Science, 19 (1), 3-14.

Liese, W., Bauch, J. 1967b. On the Closure of Bordered Pits in Conifers, Wood Science and Technology, 1, 1-13.

Murmanis, L., Sachs, I. B. 1969. Structure of Pit Border in Pinus Strobus L., Wood and Fiber, 1 (1), 7-17.

Nicholas, D. D. 1973. Wood Deteriotion and Its Prevention by Preservative Treatments, Volume II, Preservatives and Preservative Systems, First Edition, Syracuse University Press, USA.

Petty, J. A. 1972. The Aspiration of Bordered Pits in Conifer Wood, Proceedings, Royal Society of London, B, 181, 395-406.

Phillips, E. W. J. 1933. Movement of the Pit Membrane in Coniferous Woods, With Special Reference to Preservative Treatment, Forestry, 2, 109-120.

Şahin, H. 1996. Doğu Ladini [*Picea Orientalis* (L.) Link.] Odununun İç Morfolojik Özellikleri ve Bazı Organik Çözücülerin Geçit Aspirasyonu Üzerindeki Etkilerinin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, K. T. Ü. Orman Fakültesi, Trabzon.

Thomas, R. J., Nicholas, D. D. 1966. Pit Membrane Structure in Loblolly Pine As Influenced by Solvent Exchange Drying, Forest Products Journal, 16 (3), 53-56.

Thomas, R. J., Kringstad, K. P. 1971. The Role of Hydrogen in Pit Aspiration, *Holzforschung*, 25 (5), 143-149.

Thomas, R. J., Kringstad, K. P. 1972. A Note on Hydrogen Bonding and Pit Aspiration, *Wood Science*, 5 (1), 63-64.

Thomas, R. J. 1969. The Ultrastructure of Southern Pine Bordered Pit Membranes As Revealed by Specialized Drying Techniques, *Wood and Fiber*, 2 (1), 110-123.

Wardrop, A. B., Davies, G. W. 1961. Morphological Favgors Relating to the Penetration of Liquids into Wood, *Holzforschung*, 15 (5), 129-140.