

## Üretim işlerinde hassas ormancılık yaklaşımı: Kavramsal çerçeve

Mehmet Eker<sup>a,\*</sup>, Davut Özer<sup>a</sup>

**Özet:** Ormanlar konusunda toplumların algıları, beklentileri ve tutumları zamanla değişim göstermekte ve bu durum; insanları, ormanların ve orman kaynaklarının yönetiminde yeni planlama ve uygulama yaklaşımlarına yönelmektedir. Bu bağlamda, teknoloji kullanımının yaygın etkisine ve artan çevre koruma bilincine bağlı olarak ortaya çıkan olgulardan birisi de hassas ormancılıktır. Bu çalışmada hassas ormancılık terminolojisinin açıklanması, içeriğinin tanıtılması ve kullanılan teknolojilerin avantajlarının ve dezavantajlarının irdelenmesi amaçlanmıştır. Böylece ormancılık literatürüne yerleşmesi beklenen hassas ormancılık (precision forestry) terimine ilişkin muhtemel kavram kargaşasının önlenmesi ve bu yöndeki anlayış farklılıklarının giderilmesine çalışılmıştır. Planlama ve uygulamada hassas ormancılık yaklaşımını konu edinen çalışmalar analiz edilmiş ve iyi uygulama örnekleri incelenmiştir. Hassas ormancılık kavramının ağırlıklı olarak veri hassasiyeti üzerine odaklandığı, olabildiğince uygulama alanına özgün konumsal ve öznitelik verilerin kullanılmasını esas aldığı ve bu ölçekte çevreye duyarlı ormancılık operasyonlarının uygulanabilmesi için ileri teknoloji kullanımını dikte ettiği sonucuna erişilmiştir.

**Anahtar kelimeler:** Hassas ormancılık, Odun üretim işleri, İyi ormancılık uygulamaları, Teknoloji, Çevre koruma

## Precision forestry in forest harvesting: Conceptual framework

**Abstract:** The perception, expectations and attitudes of the public about forests and forestry vary over time. In this case people are led to new approaches in the planning and implementation process of forests and forest resources. In this context, one of the effects of the widespread use of technology and the resulting approach is based on the increasing environmental awareness are also precision forestry. In this study, it was aimed to disclosure of precision forestry terminology, to introduce of content and technology used, and to evaluate the advantages and disadvantages. Precision forestry, the term is expected to resettle in Turkish forestry literature, to avoid the potential confusion of concepts and a term related to elimination of differences of understanding in this regard was ensured. For this purpose, the studies relevant to precision forestry in planning and implementation were analyzed and best practices were examined. It was resulted that the concept of precision forestry was mainly focused on data accuracy, it was based on site specific spatial and attribute data, and it dictated to use of advanced technology for environmentally sound forest operations.

**Keywords:** Precision forestry, Timber harvesting, Best forestry practices, Technology, Environmental protection

### 1. Giriş

Ormanların insan, ekosistem ve evren için artan önemi, ormanların dünya üzerindeki konumuna, büyüklüğüne, yapısına ve fonksiyonlarına bağlı olarak toplumların teorik ve pratik ormancılık anlayışını değiştirmektedir. Bu değişim koruma-kullanma-geliştirme ekseninde; amaç-strateji-politikaların, kanunlar-kurallar dizininin, planlama esaslarının ve uygulama teknolojilerinin değişmesine neden olmakta ve sonuçta kümülatif olarak ormancılık (uygulamaları) anlayışı da değişmekte ve göreceli olarak gelişmektedir. Bu gelişim, ormanların geleceğine yönelik bakış açısının genişlemesine; planlama ve uygulamalar için alınacak kararların isabet ve tutarlılık oranının artırılmasına bağlı olarak katma değer sunmaktadır. Bu katma değer oluşumunda ve artırılmasında, ormancılığın her alanına nüfuz eden ve sürekli olarak gelişim gösteren teknoloji, aktif rolü üstlenmektedir.

Verimli ormancılık yönetimi, tüm ormancılık operasyonlarının doğru şekilde planlanması, yürütülmesi ve kontrolünün bir sonucu olarak ortaya çıkmaktadır

(Kovacsova ve Antalova, 2010). Bu nedenle, doğal kaynakların planlanması ve yönetiminde uygulanan çeşitli iyileştirme strateji ve taktikleri, ormancılık alanına da aktarılmaya çalışılmaktadır. Bu kapsamda, hassas tarım (precision agriculture) kavramı da, orman mühendisliği yönetimi ve uygulamaları alanına "hassas ormancılık (precision forestry)" kavramı adıyla sokularak çeşitli içeriklerle uygulanmaya çalışılmaktadır. Hassas tarım kavramı atıkların azaltılması, karlılığın artırılması ve çevre kalitesinin korunması için gübre, zirai ilaç vb. sahaya özgün üretim girdilerinin yönetimi olarak tanımlanmaktadır. Hassas veya alana özgün tarım teknikleri; gübreleme, ürün miktarı ve kalitesindeki değişimler ve üretim alanlarına ait farklı coğrafi bilgileri de içeren konumsal veri tabanı üzerine odaklanmaktadır (Omasa vd., 2006; IUFRO, 2015).

Bu bağlamda, hassas ormancılık terimi, Washington Üniversitesi'nde 1999 yılında kurulan Hassas Ormancılık Kooperatifi (Precision Forestry Cooperative/PFC) tarafından düzenlenen bir sempozyumla (Birinci Hassas Ormancılık Kooperatifi Sempozyumu) ormancılık alanında

✉ <sup>a</sup> Süleyman Demirel Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği Bölümü, Isparta

@ <sup>\*</sup> **Corresponding author** (İletişim yazarı): mehmeteker@sdu.edu.tr

✓ **Received** (Geliş tarihi): 13.07.2015, **Accepted** (Kabul tarihi): 08.09.2015



**Citation** (Atf): Eker, M., Özer, D., 2015. Üretim işlerinde hassas ormancılık yaklaşımı: Kavramsal çerçeve. Turkish Journal of Forestry, 16(2): 183-194.

DOI: [10.18182/tjf.69279](https://doi.org/10.18182/tjf.69279)

yaygın şekilde kullanılmaya başlanmıştır (Eker ve Özer, 2015).

Türkiye’ de hassas ormancılık terimi, III. Orman İnşaatı-Transportu ve Teknolojileri Çalıştayı’nda, IV. çalıştayın “hassas ormancılık” temasını taşıyan ulusal bir sempozyumla birlikte düzenlenmesine ilişkin alınan kararlar yaygınlık kazanmaya başlamıştır (OİTTP, 2015). Bununla birlikte Gülci (2014) tarafından gerçekleştirilen “Üretim Planlamasında Hassas Ormancılık Üzerine Araştırmalar” adlı doktora tezinde de hassas ormancılık terimi kullanılmıştır. Nitekim 2015 yılı haziran ayında Çankırı Karatekin Üniversitesi ve Kastamonu Üniversitesi ortaklığıyla IV. Orman İnşaatı-Transportu ve Teknolojileri Çalıştayı ve Üretim İşlerinde Hassas Ormancılık Sempozyumu düzenlenmiş ve hassas ormancılık konusu, bu sempozyumda farklı bileşenleri ile ele alınmış ve ormancılık bilimi ve uygulamaları alanında söz edilir duruma gelmiştir.

Ancak bu kavramın tanımlanması, içeriğinin ve sınırlarının belirlenmesi, kullanılan araç-gereç ve teknolojinin tarif edilmesi ve de benzer kavramlarla ilişkisinin ve farklılığının ortaya konulması gerekliliği ortaya çıkmıştır. Çünkü Ülkemizde ormancılık planlama ve uygulamalarında, hem anlayış değişikliğine hem de teknolojiye sahip olma ve onu kullanma kapasitesine bağlı olarak çeşitli değişimler yaşanmaktadır. Bilimsel çalışmalarda öncelikli olmak üzere, çeşitli ormancılık uygulamalarında hem ekosistemi korumaya yönelik hassas davranılmaya hem de kararları desteklemeye yönelik hassas, tutarlı ve doğru verilerden yararlanılmaya çalışılmaktadır. Bununla birlikte koruma önceliğinin ön planda olduğu hassas ekosistemlere sahip alanlarda-ormanlarda gerçekleştirilecek uygulamalara ilişkin duyarlı mühendislik çözümleri ve uygulamaları geliştirilmeye çalışılmaktadır. Bu bakımdan kavram kargaşasının giderilmesi ve bu yaklaşımın ilkelerinin ve araçlarının tarif edilmesinin isabetli olacağı düşünüldükçe bu çalışma gerçekleştirilmiştir.

## 2. Hassas ormancılık

### 2.1. Hassas ormancılığın tanımı

Hassas ormancılık; İngilizce “precision forestry” ifadesinin Türkçe’ ye çevrilmesiyle ortaya çıkmış bir terimdir. Burada “Precision”, kelimesi; hassasiyet, duyarlılık, kesinlik, doğruluk, tamlik, tekrarlanabilir anlamlarına gelmekte olup (Anonim, 2015) hassas, tam, kesin, titiz, titizlikle yapılmış, çok dikkatli, dakik anlamlarını taşıyan “precise” kök kelimesinden türetilmiştir (Renkliydırım, 1995; Anonim, 2015).

“Hassas” terimi; duyum ve duyguları algılayan, duyarlı, çabuk etkilenen, yapımı ve bakımı özen isteyen, aksamadan çok doğru çalışan, kesin ölçüler gerektiren anlamına gelmektedir (TDK, 2015).“Hassas” kelimesi; ormancılık uygulamalarında yüksek derecede mekanizasyonun ve coğrafi bilgi sistemleri (CBS) teknolojilerinin kullanılması olarak da ifade edilebilmektedir (Zhang vd., 2014).

Hassas Ormancılık Kooperatifi, hassas ormancılığı; ormancılık sektöründe değer zincirini oluşturmak için boş bir alanın piyasaya ürün satılabilecek bir ormana dönüşümünü sağlamak amacıyla alana özgün ekonomik, ekolojik ve sürdürülebilir kararların alınmasında ileri teknoloji algılayıcılar ve analitik araçların kullanılması olarak tanımlamıştır (PFS, 2001; Folegatti, 2010).

Bare (2001), hassas ormancılığı, su kaynaklarını ve su kalitesini, yaban hayatı habitatlarını ve diğer çeşitli kaynakları korurken tekrarlanabilir ölçümlere izin veren alana (sahaya) özgün kararların verilmesine yardımcı olmak için çok detaylı veriden yararlanılması olarak tanımlamıştır.

Avrupa’ya özgün hassas ormancılık yaklaşımı, ormancılığa ilişkin temel ilkeleri ve bir bağlantı görevi üstlenen sayısallaştırılmış bilgileri kullanan bütünlük bir sistem içinde farklı teknolojik araçları entegre eden bir yaklaşım olarak tarif edilmektedir (Becker, 2001).

Hassas ormancılık terimi, farklı kişilere göre farklı anlamlar kazanmaktadır. Genetikçiler, hassas ormancılık terimini; büyümeyi maksimize etmek için ağaç türünün genetiğinin yetiştirme ortamıyla tam olarak eşleşmesi olarak tarif etmekteyken, endüstriyel ormancılar; piyasa ihtiyaçlarını tam olarak karşılayacak tutarlı bir yönetim olarak tanımlamaktadırlar. Korumacılar ise; bir ormanın çevresel faydalarını optimize etmek için hassas bir yönetim olarak tanımlamaktadırlar. Yaygın görüşe göre hassas ormancılık, ormancılık sektöründe alana özgün, ekonomik, çevresel ve sürdürülebilir kararların verilmesini desteklemek için ileri teknoloji ürünü algılayıcıların ve analitik araçların kullanılması, anlamına gelmektedir (Dyck, 2003).

Hassas ormancılık, orman ürünlerinin kalitesini, faydalanmayı ve karlılığı arttırmak, atıkları ve çevresel etkileri azaltmak için sahaya özgün ormancılık uygulamalarını planlamak ve yönetmek olarak tanımlanabilmektedir (Taylor vd., 2006).

Hassas ormancılık, günümüzde yüksek seviyeli uygulamalara sahip bir disiplin olan hassas tarım uygulamalarından esinlenmektedir (Sowa, 2012). Konuya ilişkin literatür, hassas ormancılığı; karar destek sistemlerinin (KDS) oluşturulması için ölçme ve değerlendirmelerde bilgi teknolojisi araçlarını kullanan bir disiplin olarak ifade etmektedir (Gallo ve Mazzetto, 2013). Bununla birlikte, hassas ormancılık; envanter, silvikültür ve üretim operasyonlarında yeni yöntemler kullanarak karar vermeye olanak sağlamak için yeni teknolojilere yönelmek (Pelletier vd., 2014), olarak da tarif edilebilmiştir.

Hassas ormancılık, doğal-biyolojik ve çevresel kaynaklara (toprak özellikleri, topoğrafya, mikroiklim, böcek ve mantar hastalıkları, vb.) dayalı konumsal ve zamansal değişkenlerin analiz edilmesi olarak tanımlanabilmektedir. Bu analizlerle elde edilecek bilgi, alana özgün operasyonların kaynak girdilerini minimize etmek, çevresel etkileri azaltmak ve çıktılarını maksimize etmek için kullanılmaktadır (Zhang vd., 2014).

Hassas ormancılık yaklaşımı; ormanların bugünün ve gelecek kuşakların ihtiyaçlarını karşılayabilmesi açısından, ormancılık çalışmalarında ekonomik, çevresel ve sürdürülebilir kararlar alınabilmesi için modern teknikler ve teknolojik araçlar kullanarak orman kaynaklarından optimum verimin sağlanması ve çevre zararlarının en aza indirilmesinin amaçlanması şeklinde tarif edilebilmiştir (Gülci, 2014).

Hassas ormancılık teriminin çeşitli tanımlarının özeti; ormanların hassas şekilde yönetilmesi ve korunması için bilimsel yöntemlerin ve uygulamaların kullanılmasını ifade etmektedir. Ancak bu genelleme hassas ormancılığı tanımlamak ve tarif etmek için yeterli olmamaktadır. Hassas ormancılık, ormancılık sektörü için yeni terim olmasına rağmen, gelişen teknolojinin kullanıldığı hassas ormancılığın, ormancılıkta uygulanabilirliğini

değerlendirmekte olan çeşitli araştırmalar halihazırda yürütülmektedir (Weaver, 2014).

## 2.2. Hassas ormancılığın amaçları

Hassas Ormancılık Kooperatifi (PFC), hassas ormancılığın amacını; daha tutarlı planlamanın, uygulamanın ve denetimin yapılmasına izin verecek şekilde, ormana ve ormancılık operasyonlarına ilişkin toplanan ve analiz edilen verinin doğruluğunu-kesinliğini-hassasiyetini arttırmak amacıyla araçlar ve süreçler geliştirmek olarak ifade etmiştir (PFS, 2001). Becker (2001), hassas ormancılığa; orman amenajmanı ve orman ürünleri üretimi için gerekli olan veri ve bilginin hassas şekilde elde edilmesini ve bu bilginin, bilgi teknolojileri ve uzman yöntemler kullanılarak konuma bağlı (konumsal bilgi) hale getirilmesinin amaçlandığını, belirtmiştir.

Akay (2015), hassas ormancılık yaklaşımının; ormancılık çalışmalarında ekonomik, çevresel ve sürdürülebilir kararlar alınabilmesi için modern teknikler ve teknolojik araçlar kullanarak orman kaynaklarından optimum verim sağlamayı ve çevre zararlarını en aza indirmeyi amaçlamak olduğunu bildirmiştir.

Hassas ormancılığın amaçlarını;

- Farklı paydaşlar için sahaya özgün operasyonel verinin toplanmasını sağlamak
- Sahaya özgün ve tutarlı planlamalar yapılmasını sağlamak
- Ormancılık (üretim) operasyonlarının doğru yerde, doğru zamanda ve doğru teknolojiler (veri, bilgi, yöntem, teknik, araç) kullanılarak gerçekleştirilmesini sağlamak
- Ormancılık operasyonlarının çevre üzerindeki etkilerinin, çevreye duyarlı uygun teknolojiler kullanılarak azaltılmasını ve etkilerinin izlenmesini/kontrolünü sağlamak
- Ticari değeri yüksek kaliteli orman ürünlerinin üretilmesini sağlamak
- Ormanların korunmasını ve verimini arttırmak
- Orman kaynaklarından maksimum faydalanmayı sağlamak, şeklinde sıralamak ve özetlemek mümkündür.

## 2.3. Hassas ormancılığın gerekliliği

Toplumun ormanlara ve orman kaynaklarına olan talebi ve artan çevre koruma bilinci, ormanların yönetilmesi ve ormancılık operasyonlarının uygulanması açısından anlaşmazlıklara neden olmaktadır. Önemli belirsizliklerin ve birbirleriyle çelişen amaçların olduğu bir evrende, ormancılıkla ilgili sağlıklı ve isabetli kararların alınması oldukça zordur. Operasyonların uygulanacağı orman alanına özgün bilgilerin elde edilmesi profesyonel teknik elemanların varlığına (insan faktörüne) bağımlı kalmaktadır. Profesyonel işgücünün temini, maliyeti, istenilen zamanda ve yerde organize edilerek kullanılması, alana özgün veri ve bilginin hassasiyeti, önemli bir sorun oluşturmaktadır. Bu bakımdan güvenilir, hızlı ve doğru verinin sağlanmasına gereksinim vardır ve bu da kullanılan araçlar ve teknikleri itibarıyla hassas ormancılığın gerekliliğini işaret etmektedir (Sood, 2006) (Şekil 1).



Şekil 1. Hassas ormancılığı gerekli kılan unsurlar

Bir taraftan çevre koruma bilincinin ormancılık uygulamalarına dahil edilmesi yönündeki artan kamuoyu baskıları diğer taraftan odun hammaddesi talep eden piyasaların ekonomik baskıları, modern bilgi teknolojileriyle desteklenen küçük ölçekli ya da alana özgün planlama ve yönetim yaklaşımlarının ortaya çıkmasını sağlamıştır. Bununla birlikte, ormanların kompleks yapısı hakkında kolay, kesin, tekrarlanabilir ve izlenebilir veriye ve bilgiye ihtiyaç duyulmaktadır. Ağaç türü ve genetiği, toprak, jeoloji, eğim, yükseklik, yağış, mikro-iklim ve diğer faktörler arasındaki etkileşimin daha iyi anlaşılması için hassas verinin elde edilmesine gereksinim vardır. Alana özgün verileri ve teknolojileri birleştiren hassas araçların kullanılması, bu gereksinimi giderebilecek potansiyele sahiptir. Ağaç bazında odun kalitesini de içerecek detayda veri toplama, manipüle etme ve konumsal veriyle entegre etme kapasitesine sahip araçları, hassas ormancılık çatısı altında toplamak mümkündür (Sood, 2006).

Hassas ormancılığın ortaya çıkışı ve kullanılması;

- Hassas veri elde edilmesi
- Yeni bilgilerin türetilmesi
- Paydaşlar arasında veri aktarımının ve bilgi iletişiminin sağlanması
- Orman kaynaklarının bütünleşik şekilde kavranması
- Girdilerin ve maliyetlerin kontrol edilmesi
- Orman kaynaklarının veriminin artırılması
- Uzaktan algılama, modelleme, optimizasyon, robotik, geomatik, vb. teknolojilerden ormancılık alanında bütünleşik olarak faydalanabilmesi (Pelletier vd., 2014) gerekliliklerinden kaynaklanmaktadır.

## 2.4. Hassas ormancılığın ilkeleri

Hassas ormancılık ilkeleri; sürdürülebilir ormancılığın mevcut amaçlarını garanti altına almak ve karar verme sürecini iyileştirmek için mümkün olduğu ölçüde güvenilir

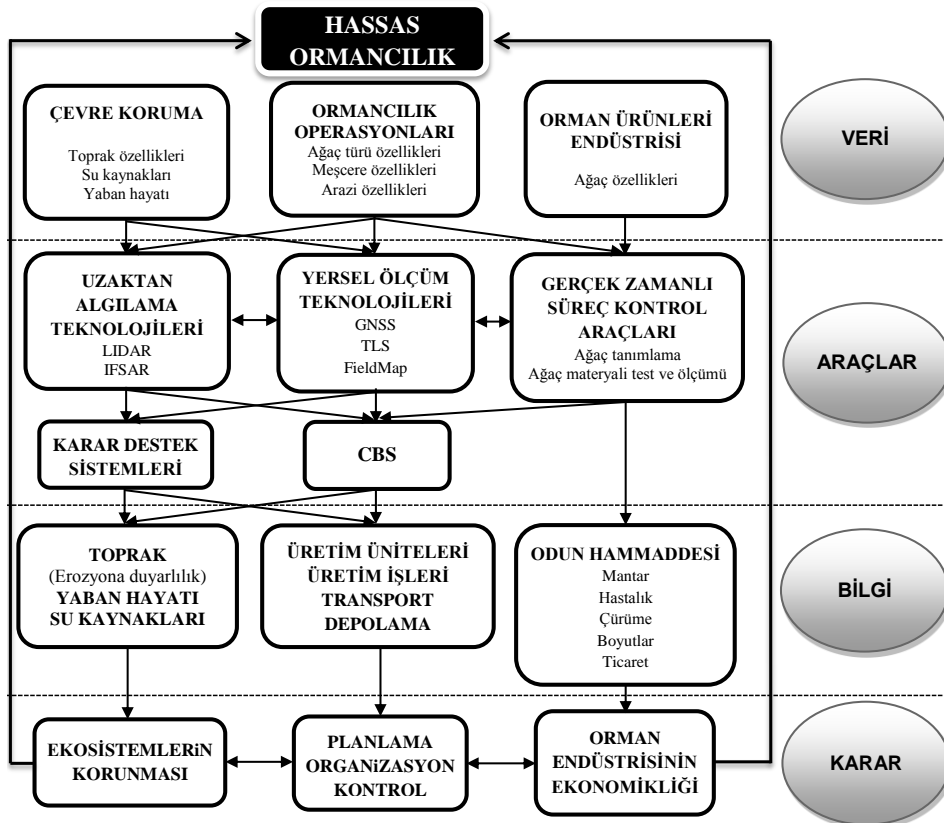
ve doğru verinin ve bilginin elde edilmesi için modern araçların ve teknolojilerin kullanılması esasına dayanmaktadır. Hassas ormancılık teriminin tanımından, amacından ve bileşenlerinden anlaşıldığı kadarıyla, hassas ormancılık ilkeleri, Taylor vd. (2006) ile Kovacsova ve Antalova (2010) tarafından şu şekilde sıralanmıştır:

- Orman kaynaklarının yönetimi, planlaması ve çeşitli operasyonların yürütülmesine yardımcı olmak için hassas veri ve konumsal bilgi elde etmeye yarayacak en uygun teknolojilerin/araçların (uzaktan algılama, yersel ölçüm veya gerçek zamanlı veri kayıt araçlarının) kullanılması,
- Meşcere, topoğrafya, çevre, işgücü, makineler ve sistemler hakkında coğrafik ve öznel verilerin sahaya özgün nitelikte ölçülerek, algılanarak, ilişkilendirilerek elde edilmesi,
- Doğru ve isabetli sonuçlar verebilecek hızlı ve hassas analiz araçlarının (CBS ve KDS) kullanılarak verilerin ilişkilendirilmesi, manipüle edilmesi ve bilgiye dönüştürülmesi,
- Doğru bilginin doğru yerde ve zamanında kullanılarak toplam faydayı ve tüm ormancılık bileşenlerini dikkate alarak isabetli ve optimize edilmiş kararlar alınmasını sağlamak için karar destek sistemlerinden yararlanarak uygulanabilir planlar oluşturulması,
- Orman ekosistemine verilen zararların en az olacağı ve maksimum değeri yaratacak şekilde, tedarik zinciri operasyonlarının (üretim, yol yapımı, vb.), hassas teknolojilerle gerçekleştirilmesi,
- Sürekli görüntüleme ve izlemeye yarayacak ölçme araçları ve algılayıcılarla uygulamaların kontrol edilmesi ve denetlenmesidir.

## 2.5. Hassas ormancılığın bileşenleri ve uygulama araçları

Hassas ormancılık yaklaşımının bazı anahtar bileşenleri bulunmaktadır (Şekil 2). Hassas ormancılığın birincil bileşeni, alana özgün amenajman planlaması, yönetimi veya silvikültürel operasyonların gerçekleştirilmesine yardım etmek için bir araç olarak CBS, GPS, uzaktan algılama, LIDAR, vb. konumsal (bilgi) teknolojilerinin kullanılmasıdır (1- Araçlar).

Hassas ormancılığın ikinci bileşeni, yönetime ve operasyonel kararların alınmasına yardımcı olmak için bilgi sisteminin geliştirilmesi ve kullanılmasıdır. Bu bilgi sistemi, ürünün yetiştirilmesi ve hasılatı, ürün kalitesi, zaman ve mekan boyutuyla çevresel koşullara ilişkin veriyi içermektedir. Buradan elde edilen bilginin en kritik önemi; daha önceden düzenlenmiş artım-büyüme ilişkisine ait tablolar, her operasyon sonucunda elde edilen bu veri-bilgiden yararlanarak güncellenmesi ve bir sonraki amenajman stratejilerinin değiştirilmesine yardımcı olmasıdır (2-Veritabanı-Bilgi sistemi). Hassas ormancılığın son bileşeni ise en uygun yönetim-uygulama birimlerinin belirlenmesidir. Başlangıç olarak meşcere tipleri haritası, arazi topoğrafik bilgisi, toprak haritaları, yaban hayatı bilgileri, vb. bilgilerinin temin edilmesi ve kullanılmasını içermektedir. Ancak bu veri ve bilgi aynı zamanda hasılat haritalarını ve ürün kalitesini de kapsayacak şekildedir. Böylece amenajman planlama biriminin boyutu bir kere belirlenince, üzerinde odaklanılan operasyonel kararlar alana özgün şekilde alınabilmektedir (3-Alana özgün kararlar) (Taylor vd., 2002; 2006).



Şekil 2. Hassas ormancılık bileşenleri ve araçları (Kovacsova ve Antalova, 2010)

Hassas ormancılığın anahtar disiplinlerini; uzaktan algılama, modelleme, analitik araçlar ve robotik teknolojisi olarak sıralamak mümkündür (Pelletier vd., 2014). Hassas ormancılığın en önemli tarafı, yeni ve modern teknolojilerin kullanılması üzerine odaklanmasındır. Hassas teknolojiler, bilgi destekli yönetim (amenajman) uygulamalarını veya bilimsel keşifleri desteklemek için yüksek çözünürlüklü konumsal ve zamansal görüntülerin çok kaynaklı verilerini ölçmek, analiz etmek, yönetmek ve kaydetmek için kullanılan araçlar, yöntemler ve bilgi teknolojileridir (Kovacsova ve Antalova, 2010).

Modern teknolojinin en iyi bilinen ve en sık kullanılan araçları, uzaktan algılama, navigasyon sistemleri ve coğrafi bilgi sistemleridir. Bununla birlikte karar destek sistemleri, ağaç tanımlamaya yarayan araçlar ve de odun malzemesinin test edilmesi ve ölçülmesine yarayacak yeni araçlar da bu konudaki yeni eğilimlerdir. Ormancılık sektöründe bu yeni teknolojilere karşı büyük bir ilgi bulunmaktadır. Çünkü hassas ormancılık, mevcut kullanılmakta olan kaynaklardan daha doğru ve daha gerçekçi bilgiyi sağlayabilecek olanlarını kullanmaktadır (Kovacsova ve Antalova, 2010).

Hassas ormancılık, farklı şekilde kategorize edilen çeşitli araçları ve teknikleri kullanır. Ziesak (2006) bu teknikleri yedi sınıfta toplamıştır;

1. Ölçme araçları ve teknikleri (yersel lazer tarayıcı, seyrişer sistemleri, lazerli uzaklık ölçerler ve yersel ölçme ekipmanları, vb.)
2. Uzaktan algılama araç ve teknikleri (yerden, havadan ve uydudan algılama sistemleri)
3. Ölçme ve test etme için temassız bilgisayarlı tomografi sistemleri
4. Görüntüleme-radyo frekansı ile tanımlama (RFID) ve elektronik burun teknolojileri
5. Karar verme ve üretim planlaması araç ve teknikleri
6. CBS, karar destek sistemleri ve görselleştirme yazılımları
7. Bilgisayar donanımları

Bu araç ve tekniklerin bütünleştirildiği teknolojilerden, ilgilenilen veri ve bilginin hassasiyetinin ve kullanılabilirliğinin artırılması amacıyla faydalanılmaktadır. Örneğin; ormanların ve ormancılık faaliyetlerinin planlanması ve yürütülmesi için gerekli olacak haritaların oluşturulmasında; total station, elektronik takeometri ve arazi haritalayıcı gibi çeşitli yersel ölçme araçlarının desteğiyle fotogrametrik ölçmelerden de yararlanılmaktadır. Ancak orman kapallılığı altında yer alan arazi formlarının hassas şekilde haritalanabilmesi için yersel yöntemlerin tercih edilmesi gerekebilir. Bu durumda konumsal verinin hassasiyetini arttırmak için son derece hassas uydu bazlı radyo navigasyon sistemlerinden (GNSS/Küresel navigasyon uydu sistemi; Amerika' nın NAVSTAR, Rusya' nın GLONASS ve Avrupa' nın GALILEO uydu sistemlerinin desteğiyle çalışan uydu sistemi) yararlanılmaktadır (Tucek and Ligos, 2002). Pozisyon/konum belirlemeye yarayan GNSS, hassas ormancılıkta kullanılan araçlardan biridir. Koordinat verisi ile birlikte bu verinin senkronize edileceği zamana yönelik bilgilerin de sağlanmasını garanti eder (Gallo ve Mazzetto, 2013). GPS alıcılarının kullanıldığı bu sistemlerle elde edilen veriler CBS yazılımları ile ormanların tematik

haritalarının oluşturulmasından, üretim operasyonlarının, araçlarının ve ürün akışının takip edilmesine kadar birçok alanda hassas şekilde kullanılabilir (Veal vd., 2001; Taylor vd., 2001; Bu bakımdan hassas ormancılığın en önemli araçları GPS ve CBS teknolojileri üzerinde odaklanmaktadır (Folegatti, 2010).

## 2.6. Hassas ormancılığın dayanak noktaları

Ormancılık faaliyetlerinin planlanması, yürütülmesi, organizasyonu ve kontrolünde; hassas ormancılık yaklaşımının izlenip izlenmediğini aşağıdaki ölçütlere göre değerlendirmek mümkün olabilir. Bunlar;

- Hassas veri (veri hassasiyeti)
- Çevre koruma hassasiyeti
- Sahaya özgün veri ve uygulamalar
- Hassas teknolojiler, şeklinde özetlenebilir.

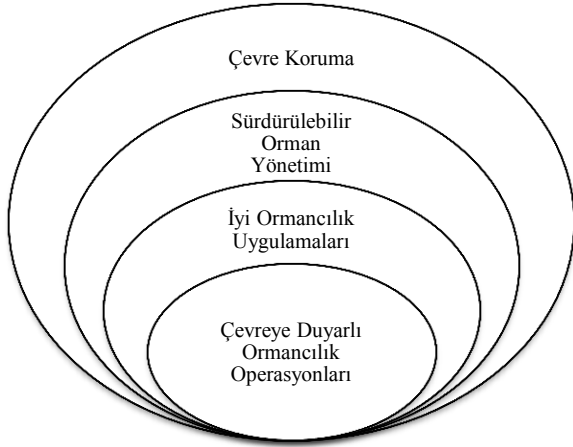
### 2.6.1. Hassas veri (Veri hassasiyeti)

Ormancılık operasyonlarında gereksinim duyulan hassas veriler;

- ✓ Planlama ve organizasyon verileri (Uzaktan algılama, GPS, yersel lazer, vb. araçlarla elde edilen envantere yönelik coğrafi (konumsal) verilerdir)
- ✓ Yönetimsel ve operasyonel veriler (operasyonlara ait hassas veri; GPS, algılama sistemleri, tarayıcılar, vb. araçlarla elde edilen konuma bağlı üretim miktarı, ürün tipleri, ürün kalitesi, transport rotaları, operasyon süresi, vb. konulara ilişkin hassas verilerdir)
- ✓ Kontrol-izleme verileri (Süreç yönetimine, ürün akışına ve çevre korumaya ait hassas veri; GPS, uydu görüntüleri, İHA vb. araçlarla elde edilen, ürün akışının ve operasyonların durumunun kontrol edildiği; çevresel etkilerin anlık olarak gözlemlenmesi ve ölçülmesine ilişkin veriler)

### 2.6.2. Çevre koruma hassasiyeti

Hassas ormancılık bağlamında ormanlara uygulanacak her türlü müdahalenin; ormanların sürekliliği, orman kaynaklarından faydalanmanın sürdürülebilirliği, toprak ve su kaynaklarının korunması, erozyonun önlenmesi, yaban hayatı habitatlarının ve doğal peyzajın muhafazası, vb. açısından çevreye duyarlı (hassas) şekilde planlanması ve uygulanması gereklidir (Şekil 3).



Şekil 3. Hassas ormancılık yaklaşımında çevre koruma hassasiyetinin kapsamı

Odon üretim operasyonları sırasında sürdürülebilir orman yönetimi açısından çevre zararlarının minimize edilmesi için “etkileri azaltılmış üretim operasyonu (Reduced Impact Logging/RIL)” veya “etkisi düşük üretim operasyonu (Low-Impact Logging)” teknikleri geliştirilmiştir (FAO, 2004). Bu tekniklerinin uygulanmasının operasyonel ölçekte herhangi bir zorluk oluşturmadığı, maliyetleri arttırmadığı; planlama-yönetme ve kontrol mekanizmaları ile olası maliyetlerin azaltılabildiği ve böylece üretim operasyonlarından kaynaklanacak zararların da azaltılabildiği belirtilmektedir (Holmes vd., 2002). Bu konudaki teknik rehberler;

- Üretim öncesinde operasyonel envanter yapılmasını ve kesilecek ağaçların haritalanması
- Üretim öncesinde, orman yollarının, sürütme yollarının ve şeritlerinin, rampa yerlerinin; toprak bozulmasını azaltmak, dere yataklarını korumak ve akarsu geçişlerinde oluşabilecek etkileri azaltmak için özel şekilde planlanması
- Uygun kesim ve bölmeden çıkarma tekniklerinin belirlenmesi ve uygulandırılması
- Daha önceden planlanmış yolların ve rampa yerlerinin çevreye duyarlı mühendislik teknikleri ile inşa edilmesi
- Bölmeden çıkarma yöntemlerinde kullanılan araçların, daha önceden belirlenmiş rotalar haricinde çalışmasının engellenmesi
- Üretim sonrası, üretim sahasının, iş kalitesinin ve ürünlerin kontrol edilmesi, vb. konuları kapsamaktadır.

Çevreye duyarlı (ormancılık) üretim operasyonları (environmentally sound forest harvesting/operations) veya çevreye dost üretim operasyonları (environmentally friendly forest harvesting); sürdürülebilir ormancılık operasyonları kapsamında ele alınan bir diğer yaklaşımdır. Hassas ormancılığın dayanaklarından birini oluşturan çevre koruma hassasiyeti açısından çevreye duyarlı üretim operasyonları için anahtar gereklilik; bu tür uygulamaları kavrayabilecek ve uygulayabilecek iyi bir planlama, kalifiye işçiler, profesyonel orman mühendisleri ve uygun teknolojilerin varlığına dayanmaktadır (Long, 2006).

Bununla birlikte, ormancılıkta en iyi yönetim uygulaması (forestry best management practice/BMP) veya diğer ifadeyle iyi uygulama rehberi (good practice

guideline/GPG), odun hammaddesi üretimi sırasında ve sonrasında çevre kalitesini korumak için kullanılan operasyonel tekniklerdir. Çevre koruma ağırlıklı önlemlerin bir kural ya da uygulama rehberi haline dönüştürülmesi için geliştirilen uygulama kodları/standartları (code of practice) da çevresel etkileri azaltıcı çeşitli tavsiyeleri içermektedir (Dykstra ve Heinrich, 1996; Shaffer vd., 1998).

### 2.6.3. Sahaya özgün veri ve uygulamalar

Hassas ormancılık, yapıtaşları itibarıyla değerlendirildiğinde, en belirgin ortak konu, sahaya özgün uygulamalar hususuna yapılan vurgudur. Ormancılık (üretim) operasyonlarının daha küçük işletme alanları olan kesim blokları ölçeğinde gerçekleştirilmesi, yani planlama, yönetme-yürütme, izleme ve denetlemenin daha küçük uygulama alanlarında gerçekleştirilmesi esas alınmaktadır. Bu durumda hassasiyet, planlama sırasında alınan kararların tutarlılığını-isabetini arttırmak ve uygulamalarda da verimi yükseltmek için verinin doğruluğu-kesinliği ve güncelliği üzerinde odaklanmaktadır (Taylor vd., 2006). Geniş sahalardan ziyade, sınırlı sahalarda ölçeğinde veri toplanması, üst planlarla entegre edilebilecek şekilde planların yapılması, sahanın fiziksel (meşcere özellikleri, topoğrafik özellikler, toprak sınıfları, drenaj ağı, vb.) ve idari (sınırlar, mülkiyet, alan fonksiyonları, vb.) özelliklerinin belirlenmesi daha kolay olabilmektedir.

### 2.6.4. Teknoloji

Üretim operasyonlarında, hassas ormancılık anlayışının uygulanması kapsamında hem sahaya özgün hassas verinin temini hem de çevre hassasiyetinin gözetilmesinin kesişim noktası «gelişmiş (hassas) teknoloji» üzerinde odaklanmaktadır. Hassas ormancılıkta, çeşitli amaçlar için veri elde etme yanında ormancılık faaliyetinin çevre hassasiyeti ile birlikte ekonomik ve sosyal yönlü amaçlar ekseninde gerçekleştirilebilmesi için ileri uygulama teknolojilerine gereksinim vardır. Nitekim ormancılık operasyonlarında kullanılan teknoloji sınıflandırıldığında; 19. yüzyıla (yy) kadar basit teknoloji, 19-20. yy’ da yarı mekanize ara teknoloji, 20-21. yy’ da makineli ileri teknoloji ve 21. yy’ dan sonra da akıllı makinelerle yüksek teknolojinin kullanılmakta olduğu bilinmektedir.

Ormancılıkta üretim operasyonlarının uygulanmasına yönelik hassasiyeti, kullanılan teknolojiye bağlı olarak 4 aşamada sıralamak mümkündür, 1) Oduna el sürmeden üretim (motorlu testere teknolojisi), 2) Ormana ayak basmadan üretim (Üretim makineleri teknolojisi), 3) İnsansız ve uzaktan kumandalı araçlarla üretim (kumanda kolları ve/veya dokunmatik (teleoperation-telepresence-haptic) teknoloji), 4) Akıllı araçlarla-Robotlarla üretim.

Nitekim, geline son noktada, insanoğlu ormancılık operasyonlarının özellikle insansız akıllı araçlarla yürütülmesine doğru bir yönelim içindedir. “Orman zeminine ayak basmadan, ağaca el değmeden” ormancılık anlayışı yerini, “insansız araçlarla ve kumanda kollarıyla” ormancılık operasyonları eğilimine bırakmıştır. Bu kapsamda (farklı tipteki mekanizmalarla kontrol edilen) uzaktan kumandalı ormancılık operasyonları/teleoperasyon ve bir operatörün bir makineyi yeterli miktardaki algılayıcılarla sanki makineyi doğrudan kullanıyormuş gibi

uzaktan kumanda ederek kullanması anlamına gelen telepresence teknolojileri ortaya çıkmıştır (Cavalli, 2015).

### 2.7. Hassas ormancılığın olumlu yönleri

Hassas ormancılık ve bu kapsamda yararlanılan araçlar ve modern bilgi teknolojileri, ormancılık operasyonları arasında hızlı ve doğrudan iletişimi sağlayabilir. Bu, maliyetlerin azaltılmasına ve hem orman işletmeleri ve hem de orman endüstri kuruluşları için hasılatın artmasına yardımcı olur (Kovacsova ve Antalova, 2010).

Hassas ormancılık, alana özgün taktiksel ve operasyonel kararların desteklenmesi için yüksek çözünürlüklü verilerin elde edilmesini ve kullanılmasını dikte eder. Bu durum ormanların yetiştirilmesi ve orman ürünlerinin üretimi yanında, koruma zonlarının, yaban hayatı habitatlarının, orman peyzajının ve diğer çevresel kaynakların korunması ve iyileştirilmesi için sürekli tekrar eden ölçümlerin, uygulamaların ve süreçlerin yapılabilmesine izin verir. Hassas ormancılık; kaynak yöneticileri, çevre ile ilgilenen kuruluşlar ve işletmeciler gibi çeşitli paydaşlar arasında faydalı bilgi akışını sağlar. En ekonomik ve çevreye en duyarlı çıktılar elde edebilmek için sürdürülebilir ormancılık uygulamalarıyla ve piyasalar arasındaki bağlantıyı kurar (Bare, 2001).

Hassas ormancılık, yönetim ve uygulama birimlerini meşcere ölçeğinden/düzeyinden küçük gruplara-alanlara dönüştürmektedir. Bu gibi daha küçük uygulama birimlerindeki orman kaynaklarına yönelik yapılan planlar ve yürütülen işlemler, çok yönlü amaçların karşılanmasına ve daha yüksek fayda sağlamaya/ değer üretmeye yardımcı olur. Bu yönde, ormancılıkla ilgili orman envanteri, görüntüleme, modelleme, karar destek sistemleri ve simülasyon alanlarında çok sayıda bilgisayar destekli analiz aracından faydalanılabilir. Hassas ormancılık uygulamalarıyla, orman yapısının iyileştirilmesinde ve orman ürünlerinin çeşitlendirilmesinde daha büyük avantajlar sağlanabilir (Becker, 2001).

Alana özgün bilgiler, orman idareleri ve/veya müteahhitler tarafından sağlanan hizmetlerin ölçülmesi ve doğrulanması (kontrolü) için, planların ve uygulama kararlarının iyileştirilmesi için, sürdürülebilir ormancılık inisiyatif programlarında olduğu gibi sertifikasyon amacıyla kullanılabilir. Böylece ormancılık uygulamalarındaki gerçekleştirmeler, daha az emek sarf ederek modern teknolojinin kullanılmasıyla zaman ve mekan boyutuyla güvenilir şekilde ölçülebilir ve izlenebilir (Taylor vd., 2006). Örneğin, yüksek konumsal çözünürlüklü (ve anlık) uydu görüntülerinin ormancılık operasyonları için kullanılmaya başlanmasıyla, üretim faaliyetlerinin öncesindeki ve sonrasındaki orman yapısının izlenmesi, üretime konu ağaçların koordinatlı şekilde haritalanması (sanal damgalama), ürün stoklarının durumu, transport faaliyetleri için uygun rotaların tespiti, vb. birçok fayda sağlanabilmektedir (Sood, 2006). Operasyonel envanter ve planlamalar için gerekli olacak topoğrafik bilgi LİDAR teknolojileri ile elde edilebilmektedir (Aruga, 2003).

Bileşenleriyle birlikte hassas ormancılığın olumlu yönleri, aşağıda özetlenmiştir:

- ✓ Hassas-doğru-kesin-tekrarlanabilir veri temini sağlanabilir

- ✓ Uygun yöntemle gerekli verinin ilişkilendirilmesi ve analizi sağlanabilir
- ✓ Eş zamanlı ve düzenli konumsal bilgi akışı sağlanabilir
- ✓ Bilgi-iletişim maliyetlerinin minimizasyonu sağlanabilir
- ✓ Entansif planlamalar ve sahaya özel tutarlı planlar oluşturulabilir
- ✓ Teknoloji destekli rasyonel uygulamalar gerçekleştirilebilir
- ✓ Geri bildirimli kontrol ve izlemeler yapılabilir
- ✓ Çevresel etkilerin azaltılması ve çevrenin korunması sağlanabilir
- ✓ Kaliteli ürünlerin elde edilmesi sağlanabilir.

### 2.8. Hassas ormancılığın olumsuz yönleri

Hassas ormancılığın araçlarıyla ilgili bazı olumsuz yönleri de bulunmaktadır. Hassas ormancılık kendine özgün bir yapısal standarda sahip değildir ve ormancılıkta kullanılan araçlar her yerde, her işletmede standart değildir. Hassas ormancılık kapsamında kullanılacak her araç, orman kaynaklarının yalnızca nicel değil aynı zamanda nitel yönünü de ilgilendiren daha hassas bilginin elde edilebilmesi için birbirleriyle uyumlandırılması gereklidir. Bu uyumun sağlanması için araçların marka, model, yazılım, kayıt sistemi vb. açıdan eşleştirilmesi ise önemli bir problemdir (Kovacsova ve Antalova, 2010).

Diğer bir dezavantaj ise hassas ormancılık için kullanılacak araçların satın alma ve işletim maliyetlerine bağlı olarak ortaya çıkan, verinin elde edilme fiyatıdır. Hassas ormancılık araçları çeşitli donanım ve yazılımları gerektirmektedir. Bunların satın alınması ve kullanılması yüksek maliyetleri gerektirdiğinden, her yerde ya da her işletmede bu yazılım ve donanım desteğinden yararlanılamayabilir.

Bununla birlikte, bilgi, ormancılık sektöründe diğer üretim faktörleri kadar önemli bir bileşen haline gelmiştir. Çünkü planlama, uygulama ve kontrol süreçlerinin tümünde hassas veri ve bilgiye ihtiyaç vardır. Bu noktada da verinin/bilginin kalitesi, doğruluğu, hassasiyeti, kesinliği, tamlığı, ilişkiselliği, gibi konularda problemler oluşabilmektedir.

Hassas ormancılığın olumsuz yönlerini aşağıdaki şekliyle özetlemek mümkündür:

- ✓ Kendine özgün yapısal bir standardı yoktur.
- ✓ İleri ve/veya yüksek teknoloji (kullanımına) endekslidir.
- ✓ Teknoloji yada yazılım-donanım maliyetleri yüksektir.
- ✓ Araçların ve tekniklerin birbirleriyle uyumsuzluğu söz konusu olabilir.
- ✓ Kalifiye yönetici, planlayıcı, operatör, vb. uzmanlaşmış işgücü gerektirmektedir.

## 3. İrdeme

### 3.1. Kavramsal açıdan

Hassas ormancılık terimi, kişisel yorumlar ve anlayışlara bağlı olarak yapılan çeşitli tanımlardan dolayı, tartışmalı bir konudur. Hassas ormancılık teriminin kendine özgün, belirgin bir tanımına rastlanmamıştır. Ancak bu kavramın ilkelerinin temelde aynı olduğu ifade edilmektedir (Kovacsova and Antalova, 2010). Hassas ormancılık kavramı, hassas tarım kavramına bağlı olarak türetilmiş olup

amaç ve araçlar itibarıyla aynı olmasına rağmen ilgilenilen obje; planlama, uygulama yöntemleri ve süreçler bakımından farklılıklar göstermektedir.

Hassas ormancılık kavramını; "ormancılık sektörünün desteklenmesi kapsamında, değer zincirinin artırılması amacıyla alana özgün, ekonomik, ekolojik ve sürdürülebilir eksenli kararların alınması ve uygulanmasında, doğru ve hassas verilerin elde edilmesini sağlayacak yüksek teknoloji ürünü algılayıcıların ve analitik araçların kullanılması prensibine dayanan ormancılık yaklaşımı/anlayışı/teorisi ve aktiviteleridir" şeklinde tanımlamak mümkündür.

Üretim operasyonları ölçeğinde, hassas ormancılık kavramı; üretim faaliyetlerinde en yüksek toplam faydanın sağlanması için planlama-karar verme, uygulama ve kontrol süreçlerinde gerekli olacak sahaya özgün (meşcere veya üretim blokları ölçeğindeki) verinin en hassas şekilde ve mümkün olduğu kadar gerçeğe yakın ve de güvenilir ölçekte temin edilmesi, operasyonların teknik, ekonomik, ekolojik ve sosyal gereksinimleri en yüksek seviyede karşılayacak şekilde yürütülmesini ve de tüm olumsuz etkilerin nispeten azaltılmasını sağlayacak modern araç ve teknolojilerin kullanımı olarak da tarif edilebilir.

### 3.2. Veri hassasiyeti açısından

Hassas ormancılık yaklaşımında, yürütülecek ormancılık faaliyetleri için gerekli olacak verinin ve bilginin niteliği ve niceliğinin ne olacağı sorusu ile karşı karşıya kalınmaktadır. Hassas ormancılık konusunda yapılan çalışmaların çoğunluğunda, ormancılık alanıyla ilgili veri ve bilgi üretmek ve bu bilgiyi yaymak için yeni ve farklı yaklaşımların ortaya konulduğu görülmektedir. Bu bakımdan da hassas ormancılık anlayışının veri hassasiyeti üzerine odaklandığını söylemek mümkündür. Nitekim hassas ormancılık sempozyumlarının (I.-VI. uluslararası ormancılık sempozyumları) içeriklerine bakıldığında, genel olarak; uzaktan algılama, ağaçların algılanması ölçülmesi ve işaretlenmesi, mekanizasyon, görüntüleme-izleme ve yol planlama, transport lojistik teknolojileri, operasyonel takip ve izleme teknolojilerinin geliştirilmesi, ormancılık operasyonlarında karar destek sistemlerinin geliştirilmesi, vb. temaları ele alınmıştır. Bu sempozyumlarda da görüldüğü üzere, ormancılık operasyonlarında, çevreye duyarlı hassas davranışlarla gerçekleştirilecek uygulamalardan ziyade planlama, yönetim ve denetim için gerekli olacak verinin ve bilginin hassasiyeti üzerine odaklanılmıştır.

Ancak ormanın gelecekteki gelişimi veya değişimine bağlı olarak ormancılık, bir belirsizlik problemiyle karşı karşıyadır. Özellikle planlama ve alınan kararların tutarlılığı açısından bu durum, ormanlar ve orman kaynakları hakkında yüksek kalitede ve daha anlaşılabilir bilgiye duyulan ihtiyacı arttırmaktadır. Kaliteli bilginin sağlanması ise kaliteli verinin elde edilmesi ve doğru şekilde analiz edilmesiyle mümkün olmaktadır. Verinin ve bilginin kalitesini gösteren ölçütler Katsch (2006) tarafından; doğruluk, kesinlik, hatasızlık, hassasiyet, güvenilirlik, ilişkisellik, güncellik, bütünlük-eksiksizlik ve sunulabilirlik olarak tarif edilmiştir. Ormancılıkta üretim operasyonlarında, bu ölçütlere uygun verinin elde edilmesi, işlenmesi ve karar destek sistemlerinde kullanılması, hassas ormancılık uygulamalarının kapsamını oluşturmaktadır.

### 3.3. Kullanılan araçlar ve teknoloji açısından

Hassas ormancılık yaklaşımının durağan bir yapıdan oluşmadığını, teknoloji ağırlıklı dinamik bir yapıya sahip olduğunu söylemek mümkündür. Ancak Farnum (2001), ormancılığın sosyal ve bilimsel yönlerini dikkate almadığı müddetçe, teknoloji hassasiyetinin önemsiz olduğunu savunmaktadır. Bilimsel yön, yeni teknolojinin test edilmesi için hassas bir deneysel düzenin uygulanmasını içerirken; sosyal yön, sürdürülebilir ormancılığı, mal ve hizmet üretimini ve ekolojik değerlerin korunmasını içermektedir (Weaver, 2014). Buna göre de hassas ormancılık, planlama-uygulama-denetleme aşamaları itibarıyla ormancılık operasyonlarının teknik olarak uygulanabilir, ekonomik olarak etkili, sosyal ve ekolojik olarak kabul edilebilir olmasını sağlayacak ilkeler bütünlüğü olarak tarif edilebilir.

Hassas ormancılık; daha verimli ve daha hassas ormancılık üretim operasyonları için gerekli olacak araçların geliştirilmesine ve uygulanmasına dayanır. Bu araçlar; orman envanterinin yapılmasına yönelik ölçüm araçları, simülasyon yazılımları ve araçları ile uzaktan kumandalı otonom makinelerden, vb. oluşmaktadır. Bu araçlarla ağaçların konumları, nitelikleri ve nicelikleri, topoğrafya, vb. bilgiler toplanıp ardından maliyet minimizasyonu, verimlilik, enerji tasarrufu ve çevresel etkiler hususunda ölçütler belirlenebilir. Simülasyon araçları kullanılarak, üretim araçları ve sistemleri, bu ölçütlere dayalı olarak değerlendirilir. Bu kararların uygulanmasının ardından sonuçlar görüntülenebilir/izlenebilir.

Dokümatik teknolojisine dayalı olarak orman içinde insansız şekilde çalışan akıllı makinelerin/araçların kullanıldığı yeni sistemler, hem uygulama hassasiyetinin sağlanmasına hem de bu esnada uygulamalara yönelik verilerin hassas şekilde toplanmasına imkan sunabilir. İş güvenliğinin, operatör konforunun, operatöre bağlı verimliliğin ve bilgisayar destekli uygulamalarla operatör becerilerinin geliştirilip iyileştirildiği ileri teknoloji ormancılık uygulamaları ile teknik olarak mümkün, ekonomik olarak etkili/geçerli, çevresel olarak duyarlı ve kurumsal olarak kabul edilebilir ormancılık operasyonlarının gerçekleştirilmesi mümkün olabilir. Ormancılık operasyonlarının hassas ormancılık perspektifinde yapılması amacıyla erişilebilecek ve planlanabilen amaç ise; üretim işlerinin hem hassas veri toplayan hem sahaya özgün operasyonel davranış sergileyen hem de çevreye duyarlı uygulamalara fırsat verilebilecek robotlarla (otonom makinelerle) yapılabilmesidir.

### 3.4. Çevre koruma hassasiyeti açısından

Üretim işleri başta olmak üzere, çeşitli ormancılık operasyonlarının muhtemel olumsuz etkilerini azaltmak ya da önlemek amacıyla geliştirilen hassas uygulama yöntemleri de, hassas ormancılığın bir bileşenidir. Buna göre; orman ekosisteminin korunmasına yönelik geliştirilen ya da öne sürülen yaklaşımların, tekniklerin (Dykstra, 2002) vb. çabaların tümünün özünde benzer ilkeler yer almaktadır. Ancak terimler farklılık gösterse de hassas ormancılık yaklaşımına ve kullanılan teknolojilere bakıldığında, benzer amaçların güdüldüğü ortadadır. Bu açıdan hassas ormancılık da, üretim operasyonları sırasındaki uygulama hassasiyetini, veri hassasiyetinden ayırmak mümkün olabilir.



### 3.5. Ormanlık planlama ve yaklaşımları açısından

Ormanlık yaklaşımları açısından, hassas ormanlık; sömürü ormanlığı ve üretim ormanlığının aksine çok işlevli ormanlık yaklaşımı ile bağdaşmaktadır. Ormanlık uygulama tipi açısından, hassas ormanlık, doğaya uygun ormanlık (sürekli orman; doğaya yakın ormanlık; ekolojiye uygun orman) uygulamalarına uygundur. Ormanlık anlayışı itibarıyla, çevre hassasiyeti bakımından dar kapsamlı ormanlık anlayışı (biyolojik kökenli) ile; hassas veri ve bilgi elde edinimi bakımından geniş kapsamlı çağdaş ormanlık anlayışı ile uyum göstermektedir. Ancak tamamıyla sürdürülebilir ormanlık prensiplerinin semiyesi altında yer almaktadır.

Planlama hiyerarşisi (Eker, 2004) dikkate alındığında; belirsizlik, sahaya özgünlük, mikro düzeylilik, gelişmiş teknolojinin odaklanma alanı, vb. açısından hassas ormanlık, operasyonel ölçeklidir. Ormanlık paradigmaları (Çizelge 1) açısından hassas ormanlık; mekanizasyon paradigması içine de dahil olmakla birlikte, bilgi sistemine ve ileri teknoloji kullanımına ihtiyaç duymasından dolayı Sistem ve Network paradigmaları (Heinimann, 2007) içinde anlam bulabilecektir.

### 3.6. Genel değerlendirme

Hassas ormanlık kavramı, evrensel ormanlık anlayışını ya da ormanlık faaliyetlerine bakış açısının değişmesine neden olacak (en azından şu anda) yeni bir yaklaşım olarak tanımlanamayabilir. Kavramsal ya da terminolojik olarak yenidir ancak bu yaklaşım tarzında, amaçlanan eylemler ve kullanılan araçlar (içerik) itibarıyla yenilikten bahsedilemez. Zira, teknolojik evrimin ormanlığa yansımaları sonucunda zaten ormanlık paradigmaları değişmektedir. Bu değişimde aktör olan teknoloji ve bu teknolojinin ormanlıktaki planlama, uygulama ve denetleme süreçlerine olan nüfuzu önemlidir. Amenajman planlama yaklaşımlarında olduğu gibi; hassas ormanlığın, orman kaynaklarının koruma-kullanma politikasında köklü değişimleri gerektirecek bir yaklaşım ya da kendine özgün ilkelerinin varlığı ayrıştırmış durumda değildir. Çünkü ormanlıkta hem planlama hem de uygulamalar birbirine bağımlı görünse de hem zaman hem mekan hem de uygulayıcılar açısından kısmen de olsa bağımsız davranışları içermektedir. Hassas ormanlığı bu bağlamda değerlendirdiğimizde, verilerin kesinliği-tamlığı-güvenilirliği-güncelliği, vb. hassasiyeti ön plandadır. Bu veri hassasiyeti yanında, üretim sürecinde kullanılacak teknolojinin (bilgi, yöntem, teknik, araç-gereç, vb.) de, üretim faaliyetinin hassas şekilde gerçekleştirilmesini sağlayacak nitelikte olması gereklidir.

Öte yandan, üretim işlerindeki hassasiyette, genel olarak toplam faydanın maksimum şekilde elde edilmesi, ürünlerin

korunması, çevrenin (toprağın, meşcerenin, su kaynaklarının, yaban hayatının, atmosferin, vb.), çalışanların ve işletme araçlarının korunması hususu önem kazanmaktadır. Buna bağlı olarak ortaya çıkan hassas ormanlık, koruma odaklı ve çevre hassasiyetini (çevreye zarar vermeyecek veya zararları azaltacak şekilde, duyarlı-itinalı-özenli müdahale etmeyi amaçlayan) ön planda tutan bir yaklaşım ya da davranış tarzı olarak belirginleşmektedir. Bununla birlikte, orman ekosisteminin özellikle çevresel açıdan hassas davranılmasını gerektiren kısımlarında (hassas ekosistemler olarak tanımlanan alanlarda) uygulanacak her türlü müdahalede de hassas davranılması gerekmektedir.

Bu yargılara bağlı olarak hassas ormanlık; 1) veri hassasiyeti, 2) ormanlık operasyonlarında çevreye duyarlı (hassas) davranma veya 3) hassas orman ekosistemlerindeki uygulamalarda dikkatli (hassas) davranma olarak algılanmasına bağlı olarak tarifi ve içeriği değişim sergileyebilir. Bu bakımdan hem hassas ormanlığı tarif etmek hem de bileşenlerinin sınırlarını ortaya koymak oldukça güçtür. Hassas ormanlığın genel kavramsal çerçevesi ve bileşenleri tanımlanabilir olsa da hassas ormanlık teorisine dayanan muhtemel ilkeler belirgin ya da net olmadığından halihazırda gerçekleştirilmekte olan ormanlık operasyonları ile hassas ormanlık arasında bir boşluk bulunmaktadır. Hassas ormanlık yaklaşımının gerekliliklerinin tamamıyla gerçekleştirilebilmesi için hassas ormanlığın bir endüstri olarak kabul edilmesi gereklidir. Çünkü hassas ormanlık teorisi, tüm maliyetleri minimize ve toplam faydalanma değerini maksimize ederken doğru ağaçların doğru yerde ve doğru zamanda mükemmel şekilde yetiştirilmesini (mükemmel bir orman kuruluşu sağlamayı), istenen kaliteye erişilmesi ve diğer amaçların karşılanması için yetiştirme ortamının ve orman sağlığının korunmasını, piyasanın güncel isteklerine göre doğru zamanda ve doğru ürünün üretilmesini ve de ürünün doğru formda ve doğru müşteriye ulaştırılmasını gerektirir (Brown, 2014). Bu bakımdan, imalat ve tarım sektöründe, hassas üretim veya hassas tarım standartları nasıl geliştirilmişse; ormanlık sektöründe de hassas ormanlık standartlarının geliştirilmesi önemli bir aşama olacaktır. Yani gelişimin sunduğu iyileştirilmeleri algılamak, kabul etmek ve tutum değişikliği sergilemek başlangıçta oldukça zor olmaktadır. Çünkü teknik-teknolojik fırsatlara bağlı değişimler kolayca kabullenilse bile, iş düzenindeki ve insanın çalışma ve de davranış biçimindeki değişikliklerin kabullenilmesi uzun zaman alabilir. Örneğin, Brown (2014), Avusturalya’da, bilgisayarlı ortamda hassas ormanlık teorisine uygun olabilecek şekilde hazırlanmış ve toplam faydayı % 20 arttırılabilecek olan transport planlarının; paydaşların konuyu özümseyememelerine (insan faktörüne) bağlı olarak uygulanamadığını ifade etmektedir.

Çizelge 1. Orman mühendisliğinde paradigmalar (Heinimann, 2007)

Paradigmalar	Araçlar	Bilimsel Yöntemler
Faydalanma P.	Beden gücü (Emek yoğun)	Deneme-Yanıma (Başparmak kuralı)
Taylorizm P.	Zamana bağlı çalışma (İşgücü+basit gereçler)	Gözlemler (Kurallar)
Mekanizasyon P.	Zamana bağlı çalışma (İşgücü+makineler)	Deneyler (İstatistiksel yorumlar)
Sistem P.	Sibernetik sistemler (İleri-geri besleme kontrolü)	Sistem analizi (Analitik araçlar)
Network P.	Özuyumlu/Kendi kendini yöneten sistemler (Otonom,interaktif sistemler)	Network analizi (Algoritmalar ve karşılaştırmalı bilim)

Hassas ormancılıkla ilgili potansiyelin gerçeğe dönüştürülmesi için elde edilecek fırsatların ve avantajların farkında olunması gereklidir. Nitekim uluslararası ormancılık sektörü için hassas ormancılık konusunun tüm önemli yönlerinin desteklenmesine yönelik ilgi; hem düzenlenen uluslararası toplantılarla (Ackerman, 2014) hem de IUFRO gibi dünya ormancılığına yön veren kuruluşların öncelikli çalışma konuları (Chung, 2015) arasında olması ile kanıtlanmış durumdadır.

Sürdürülebilir orman yönteminin önemi üzerinde yoğunlaşan farkındalık ve bu yöndeki beklentiler, ormancılık alanında, uzaktan algılama, CBS ve GPS gibi teknolojilerin kullanılması gerekliliğine bir zemin hazırlamaktadır (Khali, 2001). Öte yandan hassas ormancılık her operasyonun bilgisayarlı ve otomasyonlu şekilde yapılması anlamına gelmemektedir. Birçok sahaya özgün silvikültürel operasyonlar herhangi bir otomasyon (otomatikleşmiş sistem) kullanılmaksızın uygun maliyetlerle yürütülebilmektedir (Taylor vd., 2006). Hassas ormancılık, sürekli araştırma ve geliştirme stratejisine dayanan bir ormancılık yaklaşımını gerektirmektedir. Bu yönde araştırma-geliştirme önceliklerini;

- Hassas ormancılık kapsamını oluşturacak kurallar ve standartların belirlenmesi (Emisyonlar, çalışma standartları, iş politikaları, şartnameler vb. konularda)
- Uzaktan ölçme ve iletişim teknolojilerinin geliştirilmesi (CBS/GPS teknolojileri, orman yol planlamalarında optimizasyon, gerçek zamanlı envanter verileri, algılama teknolojileri, karar destek sistemleri vb.)
- Ormancılık operasyonlarında kullanılacak makinelerin geliştirilmesi (Yüksek verimlilik, süreç optimizasyonu, çok amaçlı makineler, hibrit sistemler vb.)
- Makine-ağaç uyumunu sağlayacak sistemlerin geliştirilmesi (Kalite, hacim, uzunluk vb. için ölçme sistemlerinin doğruluğu, odun kalitesi, ağaç tarama, uygun operasyonlar vb.)
- İnsan-makine etkileşimini sağlayacak sistemlerin geliştirilmesi (Güvenlik, ergonomi, makine görüntüleme/izleme, operatörün izlenmesi, kendi kendine öğrenen-çalışan sistemler vb.)
- Makine-arazi etkileşimi sağlayacak sistemlerin geliştirilmesi (Enerji verimliliği, arazi yapısına uygunluk, çevreye uygun operasyonlar vb.) şeklinde sıralamak mümkündür.

#### 4. Sonuç ve öneriler

Hassas ormancılık;

- Hassas, doğru, tekrarlanabilir ve ölçülebilir veri odaklıdır.
- Sahaya özgün konumsal ve konuma bağlı bilgi üretimini amaçlar.
- Orman ekosistemine duyarlı operasyonların gerçekleştirilmesini hedefler.
- Yüksek teknolojinin kullanımı ağırlıklıdır.
- Bir ormancılık paradigması değildir.
- Bir endüstri ya da disiplin değildir.
- Bir teori, teknik ya da yöntem niteliğine henüz erişmemiştir.
- Henüz standartları (ölçüt-göstergeleri) belirginleşmemiş sistematik bir yaklaşımdır.

- Teoride ve pratikte, uygulanabilmesi yüksek yatırım maliyetlerini gerektirir.
- Üretim operasyonlarında yüksek verim, hassasiyet ve kaliteli ürün sağlar.
- Planlama, uygulama, kontrol vb. aşamaları arasında ileri-geri besleme yapabilecek bilgi sistemlerine imkan sağlar.
- Uygulanabilirliği, halihazırda imkanların varlığına bağlıdır.

Hassas teknolojiler; hiperspektral uzaktan algılama, yüksek çözünürlüklü uzaktan algılama, mobil CBS, GNSS destekli GPS (Küresel konum belirleme sistemi), LİDAR, PDA (avuç içi bilgisayar), lazer mesafe ölçerler vb., hassas bilginin elde edilmesine katkıda bulunmaktadır ve hassas ormancılık yaklaşımını bir gereklilik haline getirmiştir. Bu gelişmeler, ormancılıkla ilgili paydaşların bu teknolojilerin farkında olmasını, bunların kullanılmasını öğrenmeye hazır olmasını ve geleneksel çalışma anlayışlarını değiştirmelerini gerektirmektedir. Hassas ormancılık teknolojileri, her bir ağaç hakkında, meşcere hakkında ve üretilen her bir tomruk hakkında detay bilginin sağlanmasına imkan tanıyabilir ve bu tür teknolojinin kullanılmasıyla ormancılık operasyonların kolaylaştırılmasını ve veri hassasiyetinin artırılması mümkün olabilir. Hassas ormancılık araçlarının kullanılmasıyla ormancılığın teknik, ekonomik, sosyal ve çevresel boyutu daha iyi kavranabilir ve bu yöndeki uygulama etkinliği artırılabilir.

Hassas ormancılık, kabul edilmiş belirli koşullardaki ekonomik çıktıları maksimize etmeye yardım etmek için ormanlar ve orman ürünleri üretimine ait yeterli kalitede bilginin elde edilmesini sağlar. Hassas ormancılık, doğru kararların alınmasını sağlayacak araçları, sürekli tekrarlanabilecek ölçümleri, süreçlerin doğru şekilde işleyişini ve eylemlerin tutarlı şekilde gerçekleştirilmesini, hasılat elde edilebilecek ağaçların yetiştirilmesini, biyoçeşitliliğin ve diğer doğal kaynakların artırılmasını sağlayabilir.

Hassas ormancılık araçları, gerçekleştirilecek ormancılık operasyonlarının daha ekonomik olarak uygulanmasına ve de toplumun ve çevrenin isteklerinin karşılanmasına yardımcı olabilir. Hassas ormancılık fikri ile ormanlarının verimliliğinin artırılması, uzun dönem planların yapılması, yenilenebilir orman kaynaklarından sürdürülebilir şekilde faydalanılması ve olumsuz çevresel etkilerin azaltılması sağlanabilir.

Hassas ormancılık yaklaşımının üretim operasyonları ve orman amenajmanı arasında bir entegrasyonu sağlama potansiyeli, gelecekte daha doğru ormancılık uygulamalarının yapılmasını sağlayacaktır. Ormanların planlanması ve yönetimi için gerekli olacak her türlü veri ve bilgi eksikliği, hassas ormancılık araçları ile tamamen ortadan kaldırılabilir veya azaltılabilir. Hassas ormancılık yönelimi, ormancılık planlama ve uygulamalarının her alanında modernizasyon yapılmasına altlık oluşturabilir.

#### Açıklama

Bu çalışmanın bir kısmının özeti, "Üretim İşlerinde Hassas Ormancılık Sempozyumu"nda sözlü bildiri olarak sunulmuş ancak özeti haricinde bildiriler kitabında veya başkaca bir yerde yayınlanmamıştır.

**Kaynaklar**

- Ackerman, P., 2014. Preface. Official Proceedings (Extended Abstracts) of the 6th Precision Forestry Symposium Held in Stellenbosch, 3-5 March 2014, South Africa.
- Akay, A.E., 2015. Hassas ormancılık. Bursa Orman Bölge Müdürlüğü Bilgilendirme Sunumu. BTÜ Orman Fakültesi, Bursa. <http://bursaobm.ogm.gov.tr/Lists/Haberler/> Erişim: 17.03.2015.
- Anonim, 2015. Precision nedir? Sesli Sözlük, <http://www.seslisozluk.net/>, Erişim: 10.03.2015.
- Aruga, K. 2003. Precision forestry operations and equipment in Japan. Proceedings of the Second International Precision Forestry Symposium, 17-20 June 2003, University of Washington College of Forest Resources, Seattle-Washington, pp.31-35.
- Bare, B.B., 2001. Opening speech. Proceedings of the First International Precision Forestry Cooperative Symposium, 17-20 June 2001, University of Washington College of Forest Resources, USDA Forest Services, Seattle-Washington, p.1.
- Becker, G., 2001. Precision forestry in central europe-new perspective for a classical management concept. Proceedings of the First International Precision Forestry Cooperative Symposium, 17-20 June 2001, University of Washington College of Forest Resources, USDA Forest Services, Seattle-Washington, pp.7-9.
- Brown, M., 2014. Precision forestry: a journey not a leap. Official Proceedings (Extended Abstracts) of the 6th Precision Forestry Symposium Held in Stellenbosch, 3-5 March 2014, South Africa, p. 2.
- Cavalli, R., 2015. Forest operations in steep terrain. Forest Engineering Conference - CROJFE 2015, 18-20 March 2015, Zagreb, Croatia.
- Chung, W., 2015. IUFRO Division-3 forest operations engineering and management: challenges in the future. Forest Engineering Conference - CROJFE 2015, 18-20 March 2015, Zagreb, Croatia.
- Dyck, B., 2003. Precision forestry-the path to increased profitability, Proceedings of the Second International Precision Forestry Symposium, 17-20 June 2003, University of Washington College of Forest Resources, Seattle-Washington, pp.3-8.
- Dykstra, D.P., 2002. Reduced impact logging: concepts and issues. International Conference. Proceedings on Applying Reduced Impact Logging to Advance Sustainable Forest Management Ed. By: Enters et al., FAO Asia-Pacific Forestry Commission, Bangkok.
- Dykstra, D.P., Heinrich, H.R., 1996. FAO Model Code of Forest Harvesting Practice. Food and Agriculture Organisation of the United Nations, Rome.
- Eker, M., 2004. Ormancılıkta odun hammaddesi üretiminde yıllık operasyonel planlama modelinin geliştirilmesi. Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Eker, M., Özer, D., 2015. Üretim işlerinde hassas ormancılık ve iyi ormancılık uygulamaları: Kavramsal çerçeve. Üretim İşlerinde Hassas Ormancılık Sempozyumu, 4-6 Haziran 2015, Ilgaz-Kastamonu, Bildiri Özetleri Kitabı, s.26.
- FAO, 2004. Reduced impact logging in tropical forests-literature synthesis, Analysis and Prototype Statistical Framework, Forest Harvesting and Engineering Working Paper No.1, Forestry Department, Rome.
- Farnum, P., 2001. Precision forestry-finding the context. Proceedings of the First International Precision Forestry Cooperative Symposium, 17-20 June 2001, University of Washington College of Forest Resources, USDA Forest Services, Seattle-Washington, p. 3.
- Folegatti, B.S., 2010. The application precision forestry technologies in logging operations. PhD Thesis, Auburn University, 139 p., Alabama, USA.
- Gallo, R., Mazzetto, F., 2013. A methodology study for the application of precision forestry approach in logging operation chains. EFITA-WCCA-CIGR Conference "Sustainable Agriculture Through ICT Innovation", 24-27 June 2013, Turin, Italy.
- Gülci, N., 2014. Üretim planlamasında hassas ormancılık üzerine araştırmalar. Doktora Tezi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kahramanmaraş.
- Holmes, T., Blate, G., Zweede, J., Bauch, R., 2002. Financial and ecological indicators of reduced impact logging performance in the eastern amazon. Forest Ecology and Management, 163: 93-110.
- Heinimann, H.R., 2007. Forest operations engineering and management – the ways behind and ahead of a scientific discipline. Croatian Journal of Forest Engineering, 28:107-121.
- IUFRO, 2015. Collection of definition or related elements precision forestry, SILVAVOC Terminology Project, [http://www.iufro.org/download/file/966/3531/scic-def-precision-forestry\\_doc/](http://www.iufro.org/download/file/966/3531/scic-def-precision-forestry_doc/), Accessed:18.04.2015
- Katsch, C., 2006. Precision forestry and information. In Ackerman, P.A., D.W. Längin, and M.C. Antonides (Eds.), Precision forestry in plantations, semi-natural and natural forests, Proceedings of the International Precision Forestry Symposium, Stellenbosch University, Stellenbosch, South Africa.
- Khali A.H., 2001. Remote sensing, GIS and GPS as a tool to support precision forestry practices in Malaysia, 22nd Asian Conference on Remote Sensing, 5-9 November 2001, Singapore.
- Kovacsova, P., Antalova, M., 2010. Precision forestry – definition and technologies. Šumarski list br. 11-12, CXXXIV (2010): 603-611.
- Long, A.J., 2006. Environmentally Sound Forest Harvesting. School of Forest Resources and Conservation, Florida Cooperative Extension Service, Institute of Food and Agricultural Sciences Extension, University of Florida, 11 p.
- Omasa, K., Oki, K., Suhama, T., 2006. Section 5.2 Remote sensing from satellites and aircraft. In Munack, A. (Ed.), Çevirmenler: Demircioğlu, P., Bögrekçi, İ., Çeviri Editörleri: Tarhan, S., Özgüven, M.M., CIGR Handbook of Agricultural Engineering Volume VI: Information Technology, Chapter 5.2, American Society of Agricultural and Biological Engineers, St. Joseph, Michigan, USA, pp. 231-244.
- OİTTP, 2015. Duyurular. Orman İnşaatı-Transportu ve Teknolojileri Platformu, Ilgaz, <http://ormantranasportu.org/duyurular.html>, Erişim: 22.01.2015
- Pelletier, G., Labelle, E. R., Girouard, M., Lussier, J.M., Pascual, J., 2014. A case for a decision support system (DSS) and precision forestry to improve hardwood

- management. Northern Hardwoods Research Institute, Edmundston, New Brunswick, Canada.
- PFS, 2001. Preface. Proceedings of the First International Precision Forestry Cooperative Symposium, 17-20 June 2001, University of Washington College of Forest Resources, USDA Forest Services, Seattle-Washington, 193 p.
- Renkliyıldırım, Ö., 1995. İngilizce-Türkçe sözlük. Metro Collins Cobuild Essential Dictionary. Meydan Matbaacılık, İstanbul.
- Shaffer, R.M., Haney H.L., Worrell, E.G., Aust, W.M., 1998. Forestry BMP implementation costs for Virginia. *Forest Products Journal* 48 (9): 27-29.
- Sood, A.M., 2006. Precision forestry-a new concept for forestry application. Forestry Department Peninsular Malaysia (JPSM), 13 July 2006, Ministry of Natural Resources and Environment (NRE), Malaysia, 9 p.
- Sowa, J.M., 2012. Precision forestry in Poland. Learning Initiative 2012 "Precision Forestry", IUFRO Task Force Education in Forest Science, 5-15 August 2012, Warsaw-Poland.
- Taylor, S.E., McDonald, T.P., Veal, M.W., Grift. T.E., 2001. Using GPS to evaluate productivity and performance of forest machine systems. The First International Precision Forestry Symposium, 17-19 June 2001, Seattle, Washington, pp. 151-157.
- Taylor, S.E., McDonald, T.P., Veal, M.W., Rummer, R.B., 2002, Precision forestry: technologies to revolutionize forest management and timber production, <http://www.eng.auburn.edu/programs/bsen/research/precisionforestry.html>, Accessed: 13.03.2015
- Taylor, S.E., McDonald, T.P., Fulton, J.P., Shaw, J.N., Corley, F.W., Brodbeck, C.J., 2006. Precision forestry in the southeast U.S. In Ackerman, P.A., Lämgin, D.W., Antonides, M.C., (Eds.), Precision forestry in plantations, semi-natural and natural forests, Proceedings of the International Precision Forestry Symposium, Stellenbosch University, Stellenbosch, South Africa, pp. 397-402.
- TDK, 2015. Büyük Türkçe Sözlük. Türk Dil Kurumu, [www.tdk.gov.tr](http://www.tdk.gov.tr), Erişim: 10.03.2015.
- Tuček, J., Ligoš, J., 2002. Forest canopy influence on the precision of location with GPS receivers. *Journal of Forest Science*, 48(9): 399-407.
- Veal, M.W., Taylor, S.E., McDonald, T.P., McLemore, D.K., Dunn. M.R., 2001. Accuracy of tracking forest machines with GPS. *Transactions of the ASAE* 44 (6):1903-1911.
- Weaver, S.A., 2014. Precision forestry studies: laser calipers and GPS receivers, MSc Thesis, The University of Georgia.
- Zhang, H., Zheng, J., Dorr G., Zhou, H., Ge, Y. 2014. Testing of GPS accuracy for precision forestry applications. *Arab J Sci Eng*, (39):237-245.
- Ziesak, M., 2006. Precision forestry - an overview on the current status of precision forestry. A literature review. In: "Precision forestry in plantations, semi-natural and natural forests" IUFRO Precision Forestry Conference. 5-10 March 2006, Technical University, Munich, Stellenbosch University <http://academic.sun.ac.za/forestry/>, Accessed:08.02. 2015.