

# Coğrafi Bilgi Sistemlerinin Tedarik Zinciri Yönetimindeki Rolü

Mansur Beştaş<sup>1</sup>

## Özet

Mekansal veri analitiği, rota optimizasyonu ve lojistik planlama, Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) olarak bilinen daha iyi tedarik zinciri yönetimi (TZY) için vazgeçilmez bir destek haline gelen güçlü yeni bir araçtır. Bu çalışma enerji, tarım, inşaat, petrol ve diğer endüstrilerden tedarik zincirindeki mekansal sektörleri CBS entegrasyonlarını kullanarak incelemektedir. Ayrıca CBS'nin karar alma sürecindeki etkilerinden de bahsetmekte; tedarik zinciri boyunca görünürlüğü, verimli ve sürdürülebilir hale getirmektedir. Gerçekten de CBS, lojistik, envanter yönetimi ve risk değerlendirmesi için mekansal analize yardımcı olmakta ve bu da daha iyi kaynak tahsisine ve gerçek zamanlı izlemeye yol açmaktadır. Çalışmanın ikinci bölümünde, biyoenerji, tarımsal tedarik zincirleri ve temel altyapı planlamasında ulaşım rotalarının optimizasyonu, maliyet düşürme ve çevresel etkilerin en aza indirilmesi amacıyla CBS uygulamasını araştırmaktadır. Uzun artılar listesine rağmen, tedarik zinciri operasyonlarında CBS çözümlerinin daha geniş kullanımını engelleyen diğer zorlukların yanı sıra veri entegrasyonu, birlikte çalışabilirlik ve teknik karmaşıklığa sahiptir. Gelişmiş veri analitiği, yapay zeka ve daha iyi CBS araçları aracılığıyla bu zorlukların üstesinden gelmek için daha da fazla çaba sarf etmek, küresel tedarik zinciri ağlarında bunu daha da önemli ölçüde iyileştirmeye yardımcı olabilir.

## 1. Giriş

Günümüz rekabetçi iş dünyasında tedarik zinciri yönetimi (TZY), işletmelerin etkinliklerini artırmak ve kaynak kullanımını optimize etmek için kritik bir alan haline gelmiştir. Tedarik zincirinin farklı aşamalarında karar alma süreçlerinin iyileştirilmesi, operasyonların şeffaflaştırılması ve maliyetlerin düşürülmesi büyük önem taşımaktadır. Bu noktada, Coğrafi

1 Öğretim Görevlisi Dr., Bitlis Eren Üniversitesi, mbestas@beu.edu.tr,  
ORCID ID: 0000-0002-8192-2044

Bilgi Sistemleri (CBS) gibi teknolojiler, tedarik zincirlerinin yönetimini daha verimli ve sürdürülebilir hale getiren güçlü araçlar olarak öne çıkmaktadır.

CBS, coğrafi verilerin toplanması, depolanması, analiz edilmesi ve görselleştirilmesine olanak tanıyan bir bilgi teknolojisi sistemidir. Tedarik zinciri süreçlerinde CBS'nin kullanımı, lojistik planlama, rota optimizasyonu, envanter yönetimi ve risk değerlendirmesi gibi birçok alanda önemli avantajlar sağlamaktadır. Özellikle enerji, tarım, inşaat ve petrol gibi sektörlerde CBS entegrasyonu, kaynak kullanımını daha verimli hale getirerek operasyonel süreçleri iyileştirmektedir.

Bu çalışma, CBS'nin tedarik zinciri yönetimindeki rolünü incelemekte ve CBS'nin sunduğu avantajları çeşitli sektörler bağlamında ele almaktadır. Çalışmanın amacı, CBS'nin tedarik zinciri süreçlerindeki entegrasyonunu değerlendirerek, operasyonel verimlilik üzerindeki etkilerini ortaya koymaktır. Ayrıca, CBS uygulamalarının karşılaştığı veri entegrasyonu, birlikte çalışabilirlik ve teknik karmaşıklık gibi zorluklar da ele alınmaktadır. CBS'nin gelişmiş veri analitiği ve yapay zeka gibi teknolojilerle entegrasyonunun, tedarik zinciri yönetiminde nasıl daha geniş çaplı faydalar sağlayabileceği tartışılmaktadır.

## 2. Coğrafi Bilgi Sistemleri

CBS, coğrafi bilgileri ile elde edilen verilerin saklanması, kaydedilmesi, ihtiyaçlara göre değiştirilmesi, değerlendirilmesi ve haritalar şeklinde görselleştirilmesi için tasarlanmıştır. Bir CBS'nin temel faktörü, değerlendirmeye konu olan konum verisinin kullanılmasıdır, böylelikle konum verisinin diğer konumlar ile olan ilişkisi değerlendirilebilir. CBS'de gerek düzlem gerekse küresel koordinat sistemleri yoğunlukla kullanılmaktadır. Koordinat sistemleri çok düşük çaba sarf ederek başka bir referans sistemine dönüştürülebilmektedir. Ayrıca konumlar ile ilgili elde edilmiş olan veriler başka tarzda saklanmış olan veriler ile birleştirilebilmektedir. CBS kullanımı aracılığıyla elde edilmiş veriler bilgisayar gibi cihazlarda sayısallaştırılmaktadır. Böylelikle çeşitli coğrafi bilgileri içeren tüm varlıklar (kroki, fotoğraf, harita) sayısallaştırılmaktadır (Yomralıoğlu, 2005, Öztürk, 2021).

CBS'nin yaygın tanımı, coğrafik verilerin belli niteliklere sahip olanlarının girilmesi, depolanması, elde edilmesi, işlenmesi, analiz edilmesi ve çıkarımlarda bulunulması için kullanılan süreçlerin tümüdür. Çoğunlukla sonuçlar çalışmaya konu olan veriler veyahut veriler üzerinde gerçekleştirilen analizleri özetleyen harita veya görüntü gibi çıktılara olarak sunulmaktadır (Glass, 2014). Geniş anlamda, CBS, veri toplamaya ve depolamaya, veriyi yönetmeye, veri sorgulamaya, veri üreten süreçleri modellemeye ve

programatik kararlar almaya yardımcı olmak için kullanılmaktadır. CBS'yi diğer bilgisayar tabanlı sistemlerden ayıran dikkate değer özelliklerin arasında coğrafik verilerin bir birleri ile olan mekânsal ilişkilere yönelik bilgileri barındırması ve incelemeye konu olan özellikler arasındaki ilişkileri değerlendirme ve incelemek amacıyla kendine özgü yöntemler barındırmasıdır. CBS, coğrafi özellikleri temsil etmek amacıyla temel olarak iki format kullanılmaktadır: vektör ve raster formatı.

### 2.1. Vektör Formatı

CBS üzerinde coğrafik verilerin iki boyutlu uzayda noktalar, çizgiler veya çokgenler (poligonlar) olarak temsil edilmesi vektör formatını oluşturmaktadır. Vektör formatında, coğrafi olarak belirlenen nokta veya noktalar çoğunlukla dünya üzerinde x ve y koordinatlarına göre konumlandırılmaktadır. Çizgiler birbirine bağlı olacak şekilde oluşturulmuş noktalardan oluşmaktadır. Çokgenler, alanları temsil etmek için kullanılmakta, başlangıç ve bitiş noktaları aynı koordinata denk gelen çizgilerden oluşmaktadır. Vektör formatının temel bileşeni olan noktalar haritadaki belli bir nesneyi (örneğin okul) temsil etmek için kullanılmaktadır. Çizgiler ulaşım için kullanılan yollar gibi varlıkları temsil etmektedir. Çokgenler ise belli bir alanı ifade etmekte kullanılır, örneğin okulların sorumluluk alanı olan alanların coğrafi kapsamını belirtir.

Coğrafik olarak belli bir nesnenin konumu nokta ile ifade edildiğinde harita üzerinde nesnenin oldukça hassas bir şekilde konumlandırıldığı kabul edilir. Çokgenler ise belirtilen alanı mümkün olduğunca kapsadığı ve iç kısımda kalan alanın homojen olduğu düşünülür. Lakin bu kabul edilişler sadece yaklaşık olarak kabul olarak doğrudur. Coğrafik analizlerde elde edilen değerlendirme sonuçlarının bu minvalde düşünülmesi gerekmektedir. Çünkü yaklaşık değerler veri kalitesinde kimi zaman sorunlara neden olabilmektedir. Coğrafik analizlerde vektör formatı kullanımında önemli olan bir diğer faktör ölçektir. CBS uygulamalarında seçilen ölçek çalışmanın gerek tasarımı gerekse sonucunu dikkate değer biçimde değiştirebilmektedir.

### 2.2. Raster Formatı

Bu formatta çalışma alanı pikseller olarak temsil edilmektedir. Konumlar Kartezyen koordinat sistemine benzer bir yatay ve dikey konum sistemine göre belirlenmektedir. Bu formatta x ve y koordinatı Kartezyen üzerinde bulunan bir hücreyi temsil eder. Raster tabanlı coğrafik formatların en yaygın örneği uygulamalar tarafından çekilen görüntülerdir. Raster formatında vektör formatının aksine herhangi bir nokta veya çizgi kullanılmamaktadır.

Ayrıca çokgenler yerine birbirine bitişik nizam duran hücrelerden oluşan alanlar kullanılmaktadır.

Raster formatının başarısı, kendi içinde barındırdığı çözünürlük ve kullanım alanında istenilen kesinlik ile ilgili olarak değişmektedir. Vektör formatında bulunan noktalar, raster formatında bulunan bir hücrenin içinde bir yerde olabiliyor iken birden fazla hücreyi kapsayan bir durumda da olabilir. Bu nedenle noktaların konumları bir yerde bulanık kalabilmektedir.

Raster formatında dikkat edilmesi gereken bir diğer noktada mekânsal verilerin satır ve sütun şeklindeki aralıklar arasındaki mesafe ile hesaplandığıdır. Bu aralıkların arasındaki mesafe ne kadar az olursa çözünürlük çok olmaktadır. Çözünürlük miktarının fazlalığı ayrıca saklanabilen ve hesaplamaya dâhil verinin artışı da sağlamaktadır.

### 2.3. Veri Kaynağı

CBS için veriler birçok kaynaktan elde edilebilir. CBS içinde kullanılacak verinin en az bir değerinin coğrafi bir konumu (örneğin, adres, il sınırları, sağlık ocağı sorumluluk alanı) işaret ediyor olması gerekmektedir. Veri kaynakları özel veya kamu kurumlarının çalışmaları sonucunda oluşabilmektedir. Kamu kurumlarının arazi kullanımı, su havzası vb. çevresel koşulları tespit ettiği veriler CBS içerisinde kullanılabilir verilerdir. Çeşitli özel durumların tespiti için hususi olarak yapılmış anket gibi çalışmalar sonucunda elde edilen veriler özel kaynak olarak kabul edilir. Örnek olarak belli bir ürünü kullanan bireylerin coğrafi olarak konumlarının ve dağılımının tespit edilmesi verilebilir. Bir diğer veri kaynağı uzaktan algılama bilgisidir. Uzaktan algılama ile elde edilmiş veriler genellikle analiz için daha doğru ve güncel veri kaynağıdır. Uzaktan algılama verileri genellikle uçak, uydu fotoğrafları veya bu araçlara montajı gerçekleştirilmiş sensor verilerinden oluşmaktadır. Uydular aracılığı ile elde edilen verilerde dikkat edilmesi gereken noktalar, mekânsal, zamansal çözünürlüklerin yanında veri toplama aralığıdır. Sensor verilerinde dikkat edilmesi gereken nokta ise taranan elektromanyetik spektrum bölümlerinin farklılıklarıdır.

Arşivlenmiş mekânsal verilerin analizi, zaman içinde gerçekleşen çevresel koşullardaki değişikliklerin değerlendirilmesi veya daha önceki durumlar ile karşılaştırılması açısından değerlidir.

### 2.4. Veri Kalitesi

Günümüz bilimsel çalışmalarının temel noktasını oluşturan verilerin kalitesi önemli bir noktadır. Coğrafi verilerin doğruluğu bu alanda çalışmalar içinde dikkat edilmesi gereken faktörlerden biridir. Ancak coğrafi

veriler birebir olarak araştırmacılar tarafından toplanmadığında genellikle dikkat edilmeyen bir konudur. Coğrafik verilerde genellikle bulunan diğer hata kaynakları: mekânsal, çözünürlük, yorumlayıcı ve zamansal hatalardır.

Mekânsal hataların daha az olması amacıyla 1998 yılında Jeo-Mekansal Danışma Komitesi (FGDC) tarafından dijital standartlar belirlenmiştir (FGDC, 1998). Mekânsal hatalar genellikle haritaya dâhil edilmiş olan niteliklerin koordinat sistemindeki konumlarına hatalı olarak yerleşmesi şeklinde gerçekleşmektedir. Bu tür hatalar genellikle veri girişi kaynaklı olarak gerçekleşirken nadiren de haritanmış niteliklerin tespiti için kullanılan yöntemlerden kaynaklanmaktadır. CBS'yi oluşturan veri tabanlarının tabiatından kaynaklı olarak sınırlı bir seviyede mekânsal çözünürlük veya ayrıntıya sahip olunmaktadır. Çözünürlüğü oluşturan her bir hücre minimal eşleşme birimi olarak kabul edilmektedir. Bu minimal eşleşme birimi nedeniyle veri tabanlarında temsil edilen varlıklar gerçek dünyanın soyutlamaları olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu soyutlama yöntemi bir gereklilik olsa dahi kullanılan veri tabanının kullanışlılığında sınırlılıklar oluşturabilmektedir.

Uzaktan algılama aracılığı ile elde edilen veriler kimi zaman arazi örtüsünün yapısını tespit ve yorumlanması için kullanılmaktadır. Uzatan algılama sistemlerinde arazi örtüsünün tespiti, elektromanyetik spektrumun incelenen bölgeden elde edilen yansımaların çeşitli sınıflandırma yöntemleri analizine dayanmaktadır. Lakin elde edilen analiz sonuçları kimi zaman alan doğrulamasına tabi tutulduğunda sonuçların kimi zaman %15'e varan hata paylarına sahip olduğu tespit edilmiştir (Harris, 1987). Veri kalitesine etki eden bir diğer faktör ise zamansal ölçeklerin varlığıdır. Zamansal ölçek, incelemeye tabi olan alanın veri tabanında var olan özelliklerinin zaman içerisinde değişmesini ifade etmektedir. Her ne kadar toprak ile ilgili değişimler uzun zaman aralıklarına ihtiyaç duysa dahi insanların yerleşim yerlerindeki değişimler daha hızlı gerçekleşmektedir. CBS veri tabanının oluşturulduğu tarih ile çalışmanın gerçekleştirildiği süreçteki çevresel değişimler farklar fazla ise ciddi anlamda sınıflandırma hataları gerçekleşmesi muhtemeldir.

## 2.5. CBS Bileşenleri

Bilgi teknolojilerinde bulunan tüm sistemler gibi CBS'nin de veri tarafına ek olarak aşağıdaki bileşenlere de sahiptir.

### 2.5.1. Donanım

CBS donanımları verinin işlenebilmesi amacıyla giriş ve çıkış amacıyla çoğunlukla bilgisayarlardan oluşan donanımları kullanmaktadır. CBS süreçlerinin olmazsa olması harita ve raporlar yazıcılar veya haritalar için özelleştirilmiş çiziciler, mekânsal verilerin mümkün olduğunca doğru olarak ölçümlerinin alınması ve dijitalleştirilmesi amacıyla GPS ve mobil cihazlar değerlendirmeye alınması gereken bileşenlerdir.

### 2.5.2. Yazılım

CBS alanında verilerin yönetilmesi, analizi, görüntülenmesi ve diğer görevler için çeşitli yazılımlar bulunmaktadır. Bu yazılımlar ticari veya ücretsiz olabilmektedir. Ücretsiz yazılımların bazıları açık kaynak kodu ile dağıtılmaktadır. Bunun yanı sıra Python, Javascript vb. yazılım dilleri ile yazılmış olan kimi zaman birkaç betikten kimi zamanda kapsamlı analizler için kullanılan uygulamaları da kapsamaktadır.

### 2.5.3. İnsanlar

Bilgi sistemlerinin en önemli bileşenlerinden bir de insanlardır. CBS alanında çalışan profesyoneller kullanılan sistemin amacını ve hedeflerini belirler ve analizler sonucunda elde edilen sonuçları yorumlar ardından paydaşlara uygun formatta sunar.

## 3. Tedarik Zinciri

Tedarik zinciri, ister yerel isterse küresel pazarlarda ürün veya hizmetin tedarikçiden son kullanıcıya yönelik tüm hareketlerini çevreleyen ve bu süreç kapsamında bulunan organizasyonlar, insanlar, teknik ve teknolojiler, gerçekleştirilen faaliyetler ve tüketilen kaynaklar sisteminin tümüne verilen addır. Tedarik zincirinin başarı olması için iyi bir yönetilmesi kaçınılmaz bir gerçekliktir. Tedarik zincirinin başarısı için TZY ayrı bir alan olarak karşımıza çıkmaktadır. TZY verimli tedarik, üretim, dağıtım ve ters lojistiği teminat altına alan süreçler bütünü 360 derece kapsayan günümüz iş ve süreç operasyonlarının olmazsa olmaz bir bileşenidir. Genel çerçevede TZY tedarikçi veya üreticiden son kullanıcıya kadar uzanan bir ağda ikmal, üretim, dağıtım ve ters lojistik süreçlerinin koordinasyonunu ifade eder (Prater, 2013). Global tedarik zincirlerinin karmaşıklığı, teknolojik imkânların artışı ve müşteri taleplerinin sürekli olarak artışı gibi nedenlerden dolayı artmaktadır.

### 3.1. Tedarik zinciri Bileşenleri/çerçeveleri

Tedarik zincirinin temelini ve süreçlerini başarılı sonuçlar ile gerçekleştirmesini oluşturan bileşenlerin sorunsuz koordinasyonunda yatar. Tedarik zincirinin temel bileşenleri: tedarik, üretim, dağıtım ve ters lojistikdir.

#### 3.1.1. Tedarik

Tedarik, tedarikçi veya üretici ile olan ilişkilerin yönetilmesi, hammadde ve bileşenlerinin beklenen zaman aralığında ve planlanan maliyetler çerçevesinde edinilmesini içermektedir (Tiwari vd., 2019). Etkili bir tedarik politikası, kalite, güvenilirlik ve uygun maliyet gibi etkenlere dayanan ve bunun yanında tedarikçilerin mümkün mertebede dikkatli seçimini gerek kılmaktadır. Tedarikçi bağımlılığının azaltılması ve bundan dolayı ortaya çıkabilecek risklerin mümkün mertebede minimize edilmesi amacıyla gelişmiş tedarik uygulamaları tedarikçi çeşitlendirmesini desteklemektedir (Huang ve Huang, 2019).

#### 3.1.2. Üretim

Üretim, üretim süreçlerinin ve kapasite planlamasını içeren tedarik zincirinin temel bileşenidir. Üretimin verimli olabilmesi için gelecekteki taleplerin doğru tahmin edilmesi ve olası talep dalgalanmalarına bir karşılık olarak üretimi ölçeklendirme yeteneği gerektirmektedir (Calvo vd, 2020). Üretimde var olan tam zamanında üretim ilkesi, üretim sonucunda ortaya çıkan atıkların mümkün olduğunca en aza indirgenmesini sağlarken üretim operasyonlarını optimize etmede etkili olmuştur.

#### 3.1.3. Dağıtım

Üretim süreci nihayete ermiş olan ürünlerin müşterilere kabul edilebilir sürede ve maliyetle ulaşmasını sağlayarak lojistik ve teslimat sürecinin bütününe verilen addır. Bu bileşende, ulaşım kaynaklı eksiklikler, rota optimizasyonu ve gelişmiş şeffaflık için gerekli önlemlerin alınması hayati aşamalarıdır. Bu aşamaların her geçen gün daha verimli olması için ortaya çıkan teknolojik fırsatlardan yararlanılması gereklidir. Son yıllarda bu alanda ön plana çıkan teknolojilerden biri de blok zinciri teknolojisidir (Core vd., 2019).

#### 3.1.4. Ters Lojistik

Ürünlerin iadesi, kullanım ömrünün tamamlanması durumunda elden çıkarılması veya tespit edilen bir teknik problem nedeniyle geri çağırma süreçlerinin tamamını kapsayan bileşendir. Tüketicilerin sürdürülebilirlik

hakkında bilgilenmesi ve bunun sonucunda artan farkındalığı bu bileşenin giderek daha önemli bir hale gelmesini sağlamaktadır. Müşteri memnuniyetinin artırılması ve sürdürülebilir bir dünyada atıkların azaltılması için etkili bir ters lojistik faaliyetinin gerçekleştirilmesi gereklidir (Pettit vd., 2019).

#### 4. Tedarik Zinciri Yönetimindeki Zorluklar

Etkinliklerine rağmen, tedarik zincirleri özellikle küreselleşme, kesintiler ve dayanıklılık stratejilerine olan talep bağlamında önemli zorluklarla karşı karşıyadır.

##### 4.1. Küreselleşme

Küreselleşme, tedarik zincirinin birden fazla bölgeyi veya kıtayı kapsamasını ifade eder. Tedarik zincirinin geniş alanlara doğru genişlemesi maliyetlerin azalması ve Pazar erişimini artırması yönüyle fırsatlar sağlar iken, aynı zamanda operasyonel karmaşıklık, kimi zaman artan teslim sürelerine ek olarak jeopolitik gerilimlerden etkilenmesine neden olmuştur (Mojumder ve Singh, 2021).

##### 4.2. Kesintiler

Doğal afetler, pandemiler veya jeopolitik gerilimler gibi kesintiler tedarik zinciri ciddi şekilde etkilemektedir. Ortaya çıkan etkiler tedarik zincirinde gecikmeler, kıtlıklar veya mali kayıplara neden olabilmektedir. Kesintilerden mümkün mertebede en az miktarda etkilenmek için dayanıklılık stratejilerinin geliştirilmesi gereklidir (Cao vd., 2024).

##### 4.3. Dayanıklılık Stratejileri

Tedarik zinciri operasyonlarında ön görülen ve görülemeyen zorlukların üstesinden gelebilmek amacıyla kuruluşlar, tedarikçileri çeşitlendirme, esnek üretim sistemlerinden faydalanma ve teknolojik gelişmelerden faydalanmayı benimsemektedir. Tedarik zinciri süreçlerinin başlangıcından bitimine kadar paydaşlar ile işbirliği geliştirmek ve inovasyonu teşvik etmek kritik bir öneme sahiptir (Centobelli vd., 2022) .

#### 5. Tedarik Zinciri Yönetiminde CBS'in Entegrasyonu

TZY, günümüz iş operasyonlarında kaynak tahsisi, üretim programları, envanter yönetimi ve lojistik planlanması ve optimizasyonunu kapsayan önemli bir bileşendir. TZY'nin süreçlerinde karar vermeyi geliştirmek,



verimliliği arttırmak ve tedarik zincirleri arasında ihtiyaç duyulan görünürlüğü ortaya koyabilmek amacıyla CBS entegrasyonu ortaya çıkmıştır.

### **5.1. Tedarik Zinciri Görünürlüğü ve Verimliliğini Geliştirmede CBS'in Rolü**

CBS teknolojisi, uygulanabilir sonuçların ve süreçler ile ilgili iç görülerin sağlanması amacıyla mekânsal verileri ve analitiği birleştiren bir çerçevedir. TZY bağlamında, CBS işletmelerin mutlak bir şekilde sürdürdükleri lojistiği optimize etmek, maliyetleri düşürmek ve süreç verimliliği artırmak amacıyla ihtiyaç duyulan coğrafi verileri belirleme ve bir araya getirme ardından görselleştirmesini ve analiz etmesini sağlamaktadır (Tsakiridi, 2019). CBS'nin TZY'ye sağladığı bir diğer katkıda tedarik zincirinin baştan sona kadar görünürlüğüne sağlama imkânı vermesidir. Taşıma sistemleri, envanter miktarı ve tedarikçilerin coğrafi konumları gibi farklı kaynaklardan gelen kimi zaman gerçek zamanlı olabilen verileri entegre ederek CBS, tüm tedarik zincirinin bütüncül bir şekilde gözlemlenmesini kolaylaştırmaktadır. Tedarik zincirinin mümkün mertebede görünür olması karar alma süreçleri için önemli bir faktördür ve firmaların ortaya çıkması muhtemel problemlere önceden proaktif bir şekilde değerlendirmesini sağlamaktadır. Bunlara ek olarak, CBS rota optimizasyonun, talep tahmini gibi görevleri otomatikleştirmek suretiyle verimliliğe katkıda bulunmaktadır (Hahn, 2020).

### **5.2. Lojistik ve Dağıtım Planlaması için Mekansal Analiz**

Lojistik ve dağıtım süreçlerinin en önemli temel taşlarından biri CBS teknolojisinin bir parçası olan mekânsal analizdir. Mekânsal analiz, işletmelerin müşteri konumları, tedarikçi ağları ve tesis konumları gibi coğrafi bilgilerden gelen veri odaklı karar almasını sağlamaktadır. Taşımacılık analizi, CBS araçlarının trafik yoğunluğu, rota üzerindeki yol koşulları ve ürün teslim tarihleri gibi etkenleri göz önünde bulundurmak suretiyle rotaları optimize ettiği TZY'nin mekânsal analizin en önemli uygulamalarından biridir. CBS sadece devam eden lojistik operasyonları için değil gelecekte yapılması düşünülen süreçler içinde kullanılmaktadır. Böylelikle yeni bir depo veya dağıtım merkezi için en verimli coğrafi konumun tespit edilmesi amacıyla mekânsal analiz gerçekleştirilebilir. Hedeflenen pazarın en yoğun olduğu yerlerin tespiti, altyapı kullanılabilirliği ve işçilik maliyetleri gibi faktörler analiz edilmesi ile CBS işletmelerin maliyetlerinin asgari düzeye indiren ve verimliliği en üst düzeye çıkaran bilinçli kararlar alınmasına yardımcı olmaktadır.

## 6. CBS kullanan iş sektörlerinin kategorilendirilmesi

### 6.1. Enerji Biokütle Tedarik Zincirleri

Yenilebilir enerjiye geçiş çabaları, sürdürülebilirlik hedeflerinin gerçekleştirilmesinde önemli bir faktör olarak enerji biokütle tedarik zincirlerinin detaylı olarak değerlendirilmesini gerekli kılmıştır. Enerji biokütle tedarik zincirleri, güneş, rüzgâr ve biogüç gibi yenilenebilir enerji kaynaklarının üretimi ve dağıtımı için ayrılmaz bir parçadır. Bu tedarik zinciri türü biokütle kaynaklarının elde edilmesi, işlenmesi, bir noktadan başka bir noktaya taşınmasını ve kullanımını kapsamaktadır. Temiz ve sürdürülebilir enerjiye olan talebin gün geçtikçe artış göstermesi, tedarik zincirlerinin operasyonlarının verimliliğini arttırmak, maliyetleri olabildiğince azaltmak ve çevreye olan etkilerini mümkün mertebede hafifletmek için bu tedarik zincirlerini optimize etmenin önemi giderek vurgulanmaktadır (Lautala vd., 2015).

Enerji Biokütle tedarik zincirleri giderek öneme sahip olsa dahi çok sayıda zorluk ile karşı karşıyadır. Altyapı geliştirme, bio-rafineriler ve ulaşım ağları gibi ilk sermaye yatırımı gerektiren gereklilikler ciddi bir problemdir. Ayrıca, biokütlenin rekabet eden kullanımları arasındaki etkileşimden kaynaklanan Pazar karmaşası, fiyatlarda dengesiz ortamın gelişimine ve kaynak tahsisi ikilemine yol açabilmektedir. Biokütle tedarikinde etkili olan çevresel faktörler ve dalgalanan enerji fiyatları planlama ve yönetim konularında operasyonları karmaşık hale getirebilmektedir (Mignogna vd., 2024).

Enerji biokütle tedarik zincirlerinin başarılı olarak işleyebilmesi için birkaç önemli bileşene ihtiyaç duymaktadır. Hasat bileşeni, tarımsal artıklar veya orman ürünleri gibi biokütle hammaddelerinin toplanması ve ihtiyaç duyulan ön işlemlerini içerir. Taşıma, işleme tesislerine biokütle hammaddenin verimli bir şekilde taşınmasını sağlamaktadır. Depolama, toplu olarak işlenmesinde ve taşınmasında ihtiyaç duyulan kalitenin teminat altına alınmasını içerir ve karşılar (Mignogna vd., 2024).

Enerji biokütle tedarik zincirlerinde var olan zorlukların üstesinden gelmek ve verimliliği uygun değer seviyeye getirmek amacıyla araştırma ve yenilikçi en uygun şekilde sokma stratejileri geliştirilmesine odaklanılması gerekmektedir. Bu stratejiler, tedarik zinciri boyunca etkili olan dinamikleri tahmin etmek ve karar mekanizmasını etkili bir şekilde kullanmak amacıyla gelişmiş modelleme tekniklerini içerebilmektedir. Ayrıca, farklı hammaddeleri ve teknolojileri bir araya getiren yöntemlerin değerlendirilmesi, değişkenliği minimize etmeye ve maliyetleri en alt seviyeye indirmeye etki edebilir (Makafheri ve Nasiri, 2014).

Enerji biokütle tedarik zincirleri, yenilenebilir enerji çözümlerinin gelişiminde vazgeçilmezlerden biridir. Bu tedarik zinciri türünde önemli zorluklar bulunurken, en uygun şekle sokma ve entegrasyondaki gelişmeler verimliliği iyileştirmek için umut vaat etmektedir. Bu zorlukların değerlendirilmesi ve paydaşlar arasındaki geliştirilecek iş birliğinin teşvik edilmesi, enerji biokütle tedarik zincirlerinin sürdürülebilir olma amaç ve çabasında, hedeflenen geleceğe ulaşmadaki rolü en üst mertebeye çıkarılabilir (Nunes vd., 2020).

### 6.1.1. Biyokütle Tedarik Zinciri Optimizasyonunda CBS

CBS teknolojilerinin entegrasyonu, tedarik zincirlerinin yönetim tarzının en baştan değiştirerek lojistik süreçlerini optimize etmek ve operasyon maliyetlerini düşürmek amacıyla mekânsal analiz araçları sunmaktadır. CBS, mekânsal verileri analiz etmek suretiyle temelleri sağlam çerçeveler sunarak biokütle üretimi, işleme tesisleri ve dağıtım kanalları için en verimli noktaların belirlenmesini sağlamaktadır (Korpinen vd., 2023; Zandi Atashbar vd., 2018).

CBS araçları, biyokütle yetiştiriciliği için uygun coğrafik mekânların tespitinde en etkili araçlardan biridir. Alam ve diğerleri (2012) tarafından yapılan bir çalışmada CBS tabanlı bir optimizasyon modeli ortaya konmuş ve bu çalışmada kesme, istifleme ve yükleme ve taşıma süreçlerinin bir arada olduğu bir orman biokütle tedarik zincirinin toplam maliyetini en aza indirmeyi amaçlamıştır. Çalışmada ortaya koyulan model kapsamında orman üretim sahalarından enerji santrallerine ulaşım maliyetlerini belirlemek amacıyla mekânsal veriler kullanılmış ve bunun sonucunda erişilebilirlik ve lojistiğin optimize edilmesi sağlanmıştır. Çalışması sonucunda ortaya koyduğu model ile ulaşım maliyetlerinin geleneksel yöntemlere kıyasla %20 azaldığını tespit etmiştir.

Bir başka çalışmada, Frambo ve diğerleri (2009), hasat ve bitki konumlarını tespit ve kayıt altına almak amacıyla orman üretim parsellerini tanımlanabildiği ve kaynak tahsisini optimize edilmesi kolaylaştıran bir karar destek sistemi geliştirmiştir.

Ulaşım, tedarik zincirinin en kritik bileşenidir ve çoğu zaman toplam maliyet içerisinde en büyük paya sahiptir. CBS, hassas rota ve maliyet tahminleri gerçekleştirerek ulaşım planlamasını optimize edebilir. Zhang ve diğerleri (2017), biyoyakıt hammadde üretimi için uygun alanları haritalamak ve iyileştirilmiş ulaşım rotalarının tespiti amacıyla CBS'yi optimizasyon algoritmaları ile entegre etmiştir. Uyguladıkları yöntem biokütlenin kalitesini ve teslim tarihlerini muhafaza ederken ulaşım maliyetlerini minimize

etmiştir. Bu çalışma ile genel maliyetlerde %15'lik azalma sağlanabileceğini ortaya koymuştur.

CBS, ayrıca biyokütle tedarik zincirlerinin çevresel etkileri açısından etkili sonuçlar ortaya koyabilmektedir. GIS-BIOLOCO gibi araçlar, profesyonellerin orman bozulması ve karbon emisyonu ve farklı hasat yöntemlerinin çevresel etkilerini değerlendirilmesini sağlamıştır (Geijzendorffer ve diğerleri, 2008). Bu aracın sağladığı işlevsellik, biokütle üretiminde sürdürülebilirlik hedeflerine uyumluluğun sağlanması amacıyla çaba gösteren politika yapımcılar ve paydaşlar için faydalı olmuştur.

Sánchez-García ve diğerleri (2017), yakıt olarak odun kullanan bir elektrik santralinin konumunun belirlenmesi için hali hazırdaki odun kaynaklarını, tedarik zinciri maliyetlerini ve sera gazı emisyonlarını tespit etmek amacıyla CBS tabanlı bir yaklaşım kullanmıştır. Bu çalışma karar alma süreçlerinde mekânsal analizin önemini ortaya koymaktadır.

## 6.2. Tarım Tedarik Zincirleri

Küresel gıda güvenliğinin temel taşı ve ekonomik kalkınmanın bel kemiği tarım tedarik zincirleridir. Tarım alanında çalışan üreticileri, işleyicileri, dağıtımçıları ve tüketicileri, ürünlerin üretim yerinden son kullanıcıya kadar verimli bir şekilde ulaştırılmasını sağlayan karmaşık bir ağ ile birbirine bağlar. Lakin tarım tedarik zincirleri, sürdürülebilirlik için yenilikçi çözümleri gerektiren zorluklar ile karşı karşıyadır. Ayrıca düzenleyici baskılarından en fazla etkilenen tedarik zinciri türüdür. Tarım tedarik zincirinde, lojistik kesintilerin olması sıklıkla görülen bir durumdur. Tarım tedarik zincirinin ivedilikle çözülmesi problemlerinden biri COVID-19 salgınıyla kanıtlandığı gibi, pandemilerin neden olduğu kesintilere karşı savunmasızlıktır. Tüm dünyada ticaret ve ulaşım sistemleri birden bire kapanmaları, hali hazırdaki sistemlerin pandemi gibi tehlikelere karşı kırılganlığını ortaya koymuş ve tarımsal ürünlerde ciddi kısıtlara dene olmuştur. Pandemi deneyimi, bu tür şoklara karşı daha fazla dayanabilen ve uyarlanabilir bir altyapının gerekliliğini göstermiştir. Güncel teknolojilerin entegrasyonu, bu problemin ele alınmasında temel bir taş olarak ortaya çıkmaktadır. Teknolojik çözümler için verilebilecek örneklerden bazıları nesnelere interneti (IoT), yapay zeka, blok zinciridir. Nesnelere interneti aracılığı ile ürünlerin koşulları, çevresel etkenlerin ve envanter miktarlarının gerçek zamanlı takip edilmesini sağlayarak tüm paydaşların veri odaklı kararlar almasını sağlar. Yapay zekâ üretim ve talep tahminlerinin gerçekleştirilmesi, atık kontrolü ve verimliliğin artırılmasında etkili rol oynar. Blok zinciri teknolojisi, her ne kadar yeni bir teknoloji olsa da birçok fırsatlar sunmaktadır. Üçüncü taraf

güvenine gerek duymadan tedarik zinciri boyunca sürecin şeffaf ilerlemesini sağlayabilmektedir. Böylelikle, elde edilen izlenebilirlik sahte veya tağşiş edilmiş ürünlerin ihtimallerini azaltır (Pacheco ve Clausen, 2024).

Tarım tedarik zincirlerinin dönüşümünde sürdürülebilirlik bir diğer kritik faktördür. Sürdürülebilirlik politikaları sonucunda ortaya çıkan hassas tarım ve kaynak koruma gibi uygulamalar, çevre sağlığının giderek daha iyi olmasını sağlamanın yanında ekonomik uygulama bilirliliği de arttırmaktadır. Genel olarak değerlendirildiğinde, tarım tedarik zincirleri, ortaya çıkan yenilikçi teknolojiler ve stratejiler tarafından yeniden yapılandırılmaya hazırdır. Tahminleyici analizler, piyasa eğilimlerini ve meteorolojik durumları tahmin etmede ve etkin karar alma süreçlerini destekleme olanağı sağlama konusunda umut vaat etmektedir. Ek olarak, çiftçilerin kaynaklara erişimini kolaylaştırma ve dayanıklılık politikaları hakkında gerçekleştirilen çalışmalar, iklim değişikliği ve ekonomik istikrarsızlık durumlarında gıda güvenliği sağlamak için hayati önem taşımaktadır. Tarım tedarik zinciri küresel zorluklar ve fırsatlar ile sıklıkla yüzleşmede ön saflarda yer almaktadır. Teknolojiden faydalanmak suretiyle sürdürülebilirliği kabul ederek ve teknolojik gelişmelerin entegrasyonunu teşvik ederek, paydaşlar kesintilere karşı daha dayanıklı süreçler oluşturabilirler (Thang vd., 2022).

### 6.2.1. Tarım Tedarik Zincirleri Optimizasyonunda CBS

Tarım alanında var olan paydaşlar, CBS'nin yeteneklerinden faydalanarak karar alma süreçlerinde en iyi sonuçları almak için operasyonlarını iyileştirebilir ve böylelikle maliyetlerin düşmesi ve sürdürülebilir çiftçilik uygulamalarına katkıda bulunabilir. Tarım tedarik zincirleri, tarımsal üretimin, dağıtımın ve pazarlanması süreçlerini kapsayan kompleks ağlardan oluşmaktadır. Tedarik zincirlerinin verimli olmasının yanında gıda güvenliğinin sağlanması esastır. CBS, bu bağlamda çiftçiler ve lojistik firmalarının veri odaklı karar alma süreçlerini desteklemiştir. CBS aracılığı ile mekânsal iç görüler sağlanabilmekte böylelikle tarımsal sistemlerin dayanıklılığı ve sürdürülebilirliği desteklenmektedir. Bu alanda gerçekleştirilen CBS uygulamaları ve yapılan araştırmalar, CBS'nin yer seçimi, verim tahmini, kaynak ayırma ve etki değerlendirmesinde kullanılabileceğini ortaya koymuştur. Wati ve diğerleri (2022), tarımsal karmaşıklığını vurgulamıştır. Ancak bunun yanında CBS'nin arazi uygunluk değerlendirme süreçlerine katkısını belirtmiştir. Bununla birlikte çalışmalar CBS teknolojilerinin ürün verimliliği, hava koşulları ve altyapı kullanılabilirliği için veri sağlayarak lojistik verimliliğini gerçek zamanlı arttırılabileceğine odaklanmıştır. CBS'nin uzaktan algılama ve büyük veri analitiği amacıyla yeni teknolojiler ile entegrasyonu, tedarik zincirinin potansiyeline ulaşma ihtimalini arttırmaktadır. Bu durum karmaşık

lojistik süreçlerin planlanmasında mekânsal boyutlarında ne kadar önemli olduğunu ortaya koymaktadır (Nimmagadda, 2019).

CBS araçları, çiftçilerin toprak türü, iklim koşulları ve su bulunabilirliği etkenleri göz önünde bulundurarak üretim için en uygun arazileri belirlemelerine katkıda bulunur. CBS, tarımsal süreçlerde ihtiyaç duyulan kaynak tahsisinin optimize edilmesine yardımcı olur. Kaynak yönetimi karmaşık olduğu kadar büyük çaplı üretim yapan çiftçi veya işletmelerin operasyonlarında oldukça önemlidir. Tarımsal üretimin devamı olan lojistik faaliyetleri, tarımsal ürünlerin pazarlara erişimi için en verimli rotaların belirlenmesinde CBS araçlarını kullanarak planlamayı optimize edebilir. Ulaşım ağlarının altyapılarının değerlendirilmesi, tedarik zincirlerinin maliyetlerini ve karbon ayak izini en aza indirmeye katkı sunar. CBS araçlarının verimliliği, uydu görüntüleri, saha sensörleri ve detaylandırılmış çevresel kayıtların sahip olduğu veri kalitesine, doğruluğuna ve araçların birbiri ile beraber çalışabilirliğine bağlıdır. Sorunsuz veri entegrasyonu dikkat edilmesi gereken bir zorluktur. Farklı CBS araçları birbiri ile tam anlamı ile entegre olmayabilir. Eksik entegrasyon problemleri veri yönetiminde verimsizliklere ve karar alma süreçlerinde başarısızlıklara yol açabilir. Birlikte çalışabilirlik problemi üzerine dikkatle gidilmediğinde CBS teknolojilerinin benimsenmesini olumsuz etkileyebilir. CBS sadece mekânsal analiz, saha sensörleri veya rota optimizasyonundan ibaret olarak düşünülmemelidir. Sürekli gelişen teknolojilerden biri olan yapay zekânın bir araç olarak CBS'ye entegrasyonu, karar alma yeteneklerinin geliştirilmesi, kaynak tahsisini iyileştirme potansiyelini artırma potansiyeline sahiptir.

### 6.3. İnşaat Tedarik Zincirleri

İnşaat sektörü, TZY uygulamalarının proje verimliliğini, maliyet etkinliğini ve uyumluluğu sağlamada önemli bir rol oynamasıyla küresel ekonomik çıktıya en önemli katkıda bulunanlardan biridir. İnşaat sektöründe TZY, inşaat projelerinin malzeme tedarikinin, lojistiğin ve proje yönetiminin koordinasyonunu kapsamaktadır. İnşaat sektörünün diğer sektörlerden farklılaşan özellikleri proje tabanlı üretimin olması, uzun ve karmaşık tedarik zincirleri, yerel ve uluslararası standartlara uyma gereksinimidir. İnşaat sektörünün tedarik zincirinin zorluklarından biri kendi içinde içsel karmaşıklığı ve uzunluğudur. Karmaşıklık genellikle uyumluluğun takip edilmesinde problemlere neden olarak projelerde gecikmelere ve artan maliyetlere neden olabilmektedir (Danuri vd., 2006). İnşaat tedarik zinciri, malzemelerin menşei ve kalitesini takip edilemeyecek kadar şeffaf olmayan bir yapıya sahiptir. Nazara alınması gereken bir diğer zorluk malzeme yönetimidir. İnşaat firmaları genellikle etkili malzeme yönetimini dikkate

almaz ve bu durum proje şirketlerinin bağımsız satın alma faaliyetleri içerisine girip bağımsız satın alma kararlarına yol açar (Yunna ve Ping, 2012). Bu yaklaşım, aşırı stoklama ve güncel olmayan malzemelerin birikimi nedeniyle envanter büyüklüğünün artmasına ve sermaye harcamasına neden olmaktadır. Yunna ve Ping (2012) tarafından merkezi tedarik bir çözüm olarak sunulmuş olmasına rağmen inşaat sektörünün parçalanmış ve dağınık yapısı uygulamaya karşı direnç gösterdiğini tespit etmişlerdir. İnşaat sektörünün uluslararası standartlar ve sertifikalar konusunda karmaşık satın almaların yönetimi halen üzerinde çalışılması gerekmektedir (Pacheco vd., 2024). Deng ve diğerleri (2019) tarafından yapılan çalışmada inşaat sektörü tedarik zincirlerine büyük ölçüde güvenmektedir, ancak proje özelinde gereksinimler ve özelleştirilmiş çözümlere duyulan ihtiyaç gibi faktörler nedeniyle sağlam TZY uygulamalarını uygulamakta zorluk çekmektedir. Birçok sektörde ürün hizmet yönetimi, ürün ve hizmet tekliflerini birleştirmek suretiyle başarıya ulaşmıştır. Lakin bu modelin inşaat sektörüne aktarımı, sektörün farklılaşan taleplerinden kaynaklı olarak uyarlama gerektirmektedir.

### 6.3.1. CBS Bağlamında İnşaat Tedarik Zincirleri

İNşaat tedarik zinciri yönetiminde CBS uygulamaları lojistiğin optimize edilmesinde, maliyetlerin düşürülmesinde dönüştürücü potansiyel sunmaktadır. İnşaat projelerinin giderek karmaşık hale gelmesi verimli TZY'ne olan ihtiyacı arttırmaktadır. CBS, inşaat tedarik zincirine entegrasyonu, inşaat araştırmalarında nispeten az çalışılmış bir konudur. İnşaat tedarik zincirleri için başarılı çerçeve ve modeller geliştirilmiş olmasına rağmen coğrafi verilerin etkin kullanımı halen sınırlı kalmaktadır. Thöni ve Tjoa (2017), inşaat planlama sistemlerinin, üretim faaliyetlerinin ve ulaşım bağlantılarının sürdürülebilirliğini verimli hale getirilmesinde CBS'ye güvendiğini belirtmiştir. Bu bakış açısı konum ile ilgili bilgilerin önemine dikkat çeken Li ve diğerleri (2003) tarafından da desteklenmiştir. Jadid ve Idrees (2013), tedarik zinciri süreçlerini optimize etmek amacıyla coğrafi verileri kullanan ve CBS entegrasyonu olan bir inşaat tedarik zinciri modeli sunarak tartışmaya katkıda bulunmuşlardır. Sundukları çerçevede lojistik maliyetlerinin düşürülmesi ve tedarik zincirinin verimliliğinin artırılması amacıyla tedarikçilerin konumlarına odaklanılmıştır. Tüm çalışmalar genel olarak değerlendirildiğinde CBS'nin inşaat tedarik zinciri uygulamalarında etkili sonuçlar verebileceği potansiyeline sahip olduğu, lakin bu alanda daha fazla çalışmaya ihtiyaç olduğunu ifade etmektedir (Deng vd., 2019).

Her ne kadar potansiyel faydalar olmasına rağmen, Li ve diğerleri (2003) tarafından CBS uygulamaları inşaat tedarik zincirlerinin farklı veri formatı kullanmadan kaynaklı olarak uyumsuzluk olduğuna dikkat çekilmiştir.

Bu durum mekânsal verilerin inşaat tedarik süreçlerine entegrasyonda engellerin ortaya çıkabileceğinin habercisidir. Dikkat çekilen zorluk, proje gereksinimlerindeki hızlı değişimlerin tedarik zinciri süreçlerine gecikmelere neden olabileceğini ifade etmektedir. Diğer tedarik zinciri türlerinde olduğu gibi veriye dayalı karar alma süreçlerinin entegrasyonu kendi içinde zorluklar barındırmasının yanında fırsatlar yaratmaktadır. Ayrıca, inşaat projelerinde Bina Bilgi Modellemesi'nin (BIM) kullanımı, CBS tabanlı analizlerin doğruluğunu artırabilecek hassas mekansal bilgiler sağlar (Ma ve Ren, 2017).

#### 6.4. Petrol Tedarik Zincirleri

Modern dünyanın ekonomik temel taşlarından biri olan petrol endüstrisi, ihtiyaç duyulan enerji ihtiyacını sağlamak amacıyla karmaşık tedarik zincirlerine güvenmektedir. Bu zincirler kendi içinde rafinasyon, lojistik, dağıtım ve teslimat faaliyetlerini kapsamaktadır. Faaliyetler üç aşamalı bir akış olarak temsil edilebilir. Yukarı aşıkta araştırma ve üretim bulunmaktadır. Aşağı akışta rafinasyon ve dağıtım bulunur iken orta akışta lojistik ve ulaştırma vardır. Petrol ve gaz sektörü, uluslararası ve yerel taşımacılıktan tutunda üretim kontrolü, lojistik ve bilgi teknolojilerini entegre eden büyük ölçekli bir tedarik zinciri operasyonudur (Chima, 2007). Chen ve diğerleri (2017), petrol endüstrisinin keşiften nihai ürünün son tüketiciye kadar erişimine kadarki süreci karmaşık bir yapı olarak tanımlamıştır. Petrol endüstrisinin tedarik zinciri ham maddenin tespit edilip çıkarıldığı keşif aşamasından başlamaktadır. Bu aşama ardından ham maddenin petrol veya doğal gaz gibi kullanılabilir ürünlere dönüşümünü sağlayan üretim takip etmektedir. Ardından rafine süreci ile hammaddeler benzin, dizel ve değişik türde yağlar olarak bitmiş ürüne dönüştürülmektedir. Lojistik ve taşımacılık aşaması, ürünler boru hattı, gemi ve kamyon gibi araçların katılım gösterdiği birden fazla ulaşım seçeneğini içeren uzun mesafeleri kat eden verimli süreci ifade eder. Muhindo ve diğerlerine (2014) göre, petrol tedarik zincirinin karmaşıklığı verimliliği arttırmak ve maliyetleri makul düzeylere çekmek amacıyla yenilikçi stratejilerin benimsenmesini gerektirmektedir. Özellikle çevresel sürdürülebilirlik ve süreç yönetiminde sorumlu uygulamaların benimsenmesi göz önüne alındığında dikkat edilmesi gereklidir.

Petrol ve ürünlerinin önemi nedeniyle genellikle uzun mesafeli bir tedarik zincirine sahiptir ve zorluklara sahiptir. Birincil zorluklar içerisinde zincirler arası çatışmalar, ticaret kısıtlamaları ve hükümet politikaları gibi jeopolitik etkenlerdir. Özellikle uluslararası ulaşım rotaları ve sınır ötesi lojistik bağımlılığı politikaya bağlı istikrarsızlıklara veyahut düzenleyici değişikliklerine bağlı olarak kesinti veya gecikmeye neden olmakta, artan maliyet ve azalan verimliliğe yol açabilmektedir (Lisitsa vd., 2019).



Küresel Enerji piyasaları kendi içinde bir volariteye sahiptir. Üretim seviyeleri, jeopolitik olaylar ve ekonomik koşullardan kaynaklı tüketim seviyelerinin değişimi, petrol fiyatlarında değişimlere neden olabilmektedir. Petrol fiyatlarındaki değişimler karşı olarak tedarik zinciri yöneticilerinin süreç yönetiminde istikrarı koruyabilmesi ve değişken piyasalara karşı hızlı ve etkili yanıt verebilmelidir (El Khatib vd., 2022).

Ek olarak, petrol üretim ve taşıma süreçleri çevresel etkisi giderek dikkat çekilen konulardan biri olmaya başlamıştır. Sürdürülebilir operasyonların kabul edilmesi ve buna göre karbon emisyonlarının azaltılması, bu alanda faaliyet gösteren firmalar için kritik hususlardan biridir. Değişim talebi, firmalara yönelik çevre dostu ürünlere olan talebin artması ve çevresel ayak izlerinin mümkün olan en düşük seviyeye indirilmesi şeklinde düzenleyici baskılar olarak karşımıza çıkmaktadır (Korchagina vd., 2020).

Petrol endüstrisi tedarik zinciri verimliliğini arttırmak için gelişmiş planlama sistemleri kullanmaktadır. Firmalar karar alma süreçlerinin iyileştirebilmek amacıyla veri analitiğine giderek daha fazla önem vermektedir. Atıkların mümkün olduğunca azaltılması ve küresel karbon emisyonu standartlarına uyum amacıyla dairesel ekonomi ilkeleri benimsenmektedir. Küresel ekonominin benimsenmesi sadece çevresel etkiyi minimize etmek değil ayrıca uzun vadeli karlılığa da katkıda bulunmayı amaçlamaktadır (Elnur, 2025).

#### **6.4.1. CBS Bağlamında Petrol Tedarik Zincirleri**

CBS petrol endüstrisinde lojistik ve karar alma süreçlerine mekânsal verileri kullanarak katkıda bulunmaktadır. Petrol arama şirketleri coğrafi verileri kullanarak en ihtimal dahilindeki sondaj alanlarını, boru hatlarının güzergahını ve rafineri inşaat noktasını belirleyebilmektedir (Yeletaysi, 2009). Taheri'ye (2009) göre, uzaktan algılama, sismik veriler ve jeolojik verilen CBS'ye entegrasyonu ve kullanımı potansiyel sondaj sahalarının sınırlandırılarak maliyetlerin azaltılmasında ve sondaj alanı tespitinin doğruluk oranını arttırmaktadır. Örnek olarak yukarı akış sektöründe CBS jeopolitik verileri ve çevresel kısıtları değerlendirerek keşif ve üretim için konumların tespitine destek olur. Bu destek sadece operasyonel maliyetlerin düşürülmesinde değil aynı zamanda kaynak kullanımının verimliliğini de artırır. Aşağı akış aşamasında, CBS, petrol ürünlerinin tedarik zinciri ağlarında yönlendirilmesinde etkilidir. Büyük hizmet şirketleri, tedarik zincirinde stratejik ve taktik kararları desteklemek için CBS tabanlı optimizasyon modelleri kullanmıştır (Zhang vd., 2021). CBS'nin tedarik zinciri ile bütünleştirilmesi sonucunda geçmiş verileri kullanarak nakliye

ve depolama noktalarının belirlenmesinde rol oynar ve jeopolitik ve hava durumu gibi etkenlerin risklerini minimize eder. Ayrıca, CBS tedarik zinciri faaliyetlerinde IoT verileri kullanarak gerçek zamanlı veri izlenmesini sağlar böylelikle boru hatlarında gerçekleşen sızıntı veya ham petrol kıtlığına yönelik hızlı yanıtların oluşturulmasını sağlar (Jeong vd., 2019; Jeong vd., 2021). CBS kullanımının petrol tedarik zincirlerine entegrasyonu ne kadar avantaj sağlasa dahi mekânsal verilerin karmaşıklığı ve mevcut sistemlere entegrasyonu zorlu olabilmektedir. Bu nedenle altyapıya ve yetenekli personele yatırım gerektirmektedir (Zhang vd. 2021). İlgili alanda yapılan çalışmaların ifade ettiği gibi mekânsal analizin gerçekleştirilmesi karar alma yeteneklerinin geliştirmekte, CBS teknolojisi riskleri azaltmakta, verimliliği arttırmakta ve sektörde inovasyonu desteklemektedir. Kuyu yeri seçimi, boru hattı seçimi, boru hattı güzergahı ve optimizasyonu için yapılan model ve uygulamalar, sürdürülebilir ve verimli tedarik zinciri uygulamalarını geliştirir ve destekler. Tüm bunlar genel anlamda CBSnin çok yönlülüğünü ve değerini vurgulamaktadır.

## 7. Sonuç ve Öneriler

Coğrafi Bilgi Sistemleri teknolojilerinin tedarik zinciri yönetimindeki rolü kapsamlı bir şekilde ele alınmıştır. CBS'nin lojistik, envanter yönetimi, rota optimizasyonu ve risk analizi gibi temel operasyonel süreçlerde sunduğu avantajlar ortaya konmuş; enerji, tarım, inşaat ve petrol gibi sektörlerdeki uygulamaları incelenmiştir. Elde edilen bulgular, CBS'nin tedarik zincirlerinde görünürlüğü artırarak süreçlerin daha verimli ve sürdürülebilir hale gelmesine katkı sağladığını göstermektedir.

Özellikle, CBS'nin mekânsal veri analitiği ile lojistik süreçleri optimize edebilme kapasitesi, tedarik zincirlerinin daha hızlı ve maliyet etkin bir şekilde yönetilmesine olanak tanımaktadır. Bununla birlikte, veri entegrasyonu, birlikte çalışabilirlik ve teknik karmaşıklık gibi zorluklar, CBS uygulamalarının yaygınlaşmasını kısıtlayan temel faktörler olarak öne çıkmaktadır. Bu bağlamda, gelişmiş veri analitiği, yapay zeka ve büyük veri teknolojileriyle CBS'nin entegrasyonunun sağlanması, tedarik zincirlerinin daha esnek, dayanıklı ve optimize edilmiş bir yapıya kavuşmasına yardımcı olacaktır.

Çalışmanın sonuçlarına dayanarak şu öneriler sunulmaktadır:

Veri Entegrasyonu ve Standartlaşma: CBS'nin tedarik zincirlerinde daha etkin kullanılabilmesi için veri kaynakları arasında standartlaştırılmış entegrasyon mekanizmalarının geliştirilmesi gerekmektedir. Farklı sistemler

arasında uyumlu veri formatlarının benimsenmesi, bilgi akışının sağlıklı bir şekilde ilerlemesine katkı sunacaktır.

**CBS ve Yapay Zeka Entegrasyonu:** CBS'nin karar destek mekanizmalarında daha güçlü bir rol üstlenebilmesi için makine öğrenmesi ve yapay zeka destekli tahmin modelleri ile entegre edilmesi önerilmektedir. Bu sayede, lojistik süreçlerin daha dinamik ve öngörülebilir hale getirilmesi sağlanabilir.

**Sürdürülebilirlik ve Çevresel Etkiler:** CBS tabanlı analizlerin, karbon ayak izini azaltmaya yönelik optimizasyon stratejilerinde daha fazla kullanılması gerekmektedir. Yeşil lojistik uygulamalarının yaygınlaştırılması, tedarik zincirlerinin çevresel etkilerini en aza indirebilir.

**CBS Kullanımının Yaygınlaştırılması:** Tedarik zinciri yönetimi alanında CBS'nin kullanımını artırmak amacıyla, sektör paydaşları ve akademik kurumlar arasında iş birliği geliştirilerek CBS eğitimi ve farkındalık çalışmaları teşvik edilmelidir.

**Gerçek Zamanlı Veri Kullanımı:** CBS'nin gerçek zamanlı veri akışlarıyla entegre edilmesi, tedarik zincirlerinin daha esnek ve hızlı yanıt verebilir hale gelmesini sağlayacaktır. Özellikle afet ve kriz durumlarında karar alma süreçlerini iyileştirmek için CBS tabanlı erken uyarı sistemleri geliştirilebilir.

CBS'nin tedarik zinciri yönetiminde sunduğu olanaklardan tam anlamıyla faydalanabilmek için teknolojik gelişmelerin yakından takip edilmesi, sistemlerin entegrasyonunun güçlendirilmesi ve sektörler arası iş birliklerinin artırılması gerekmektedir. Gelecekte yapılacak çalışmaların, CBS'nin daha geniş çapta benimsenmesine yönelik stratejiler geliştirmeye odaklanması, tedarik zincirlerinde sürdürülebilirlik ve verimlilik açısından önemli kazanımlar sağlayacaktır.

## Kaynakça

- Alam, B., Pulkki, R., & Shahi, C. (2012). Road network optimization model for supplying woody biomass feedstock for energy production in northwestern Ontario. *The open forest science Journal*, 5(1).
- Calvo, J., Olmo, J. L. D., & Berlanga, V. (2020). Supply chain resilience and agility: a theoretical literature review. *International Journal of Supply Chain and Operations Resilience*, 4(1), 37-69.
- Cao, Z., Kim, D. Y., Mu, Y., & Singhal, V. (2024). Toward suppliers' corporate social responsibility performance: the role of relationship dependence. *International Journal of Operations & Production Management*, 44(2), 538-561.
- Centobelli, P., Cerchione, R., Cricelli, L., & Strazzullo, S. (2022). Innovation in the supply chain and big data: a critical review of the literature. *European Journal of Innovation Management*, 25(6), 479-497.
- Chen, L., Zhao, X., Tang, O., Price, L., Zhang, S., & Zhu, W. (2017). supply chain collaboration for sustainability: A literature review and future research agenda. *International Journal of Production Economics*, 194, 73-87. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2017.04.005>
- Chima, C. M. (2007). Supply-Chain management issues in the oil and gas industry. *Journal of Business & Economics Research (JBER)*, 5(6). <https://doi.org/10.19030/jber.v5i6.2552>
- Cole, R., Stevenson, M., & Aitken, J. (2019). Blockchain technology: implications for operations and supply chain management. *Supply Chain Management: An International Journal*, 24(4), 469-483.
- Danuri, M. M., Munaaim, M. C., Rahman, H. A., & Hanid, M. (2006, Kasım). *Late and non-payment issues in the Malaysian construction industry-contractor's perspective*. International Conference on Construction Culture içinde Innovation and Management (CCIM). pp. 26-29.
- Deng, Y., Gan, V. J., Das, M., Cheng, J. C., & Anumba, C. (2019). Integrating 4D BIM and GIS for construction supply chain management. *Journal of Construction Engineering and Management*, 145(4), 04019016.
- El Khatib, M., Al Hammadi, A., Al Hamar, A., Oraby, K., & Abdulaziz, M. (2022). How global supply chain management is disrupting local supply chain management case of oil and gas industry in UAE. *American Journal of Industrial and Business Management*, 12(5), 1067-1078.
- Elnur, B. S. (2025). Global supply chain management in the drilling industry. *The Journal of Economics, Finance and Innovation*, 4(1), 32-39.
- FGDC (1998). <https://www.fgdc.gov/metadata/csdgm-standard>. Erişim Tarihi: 25.02.2025
- Frombo, F., Minciardi, R., Robba, M., & Sacile, R. (2009). A decision support system for planning biomass-based energy production. *Energy*, 34(3), 362-369.

- Geijzendorffer, I. R., Annevelink, E., Elbersen, B. S., Smidt, R. A., & De Mol, R. M. (2008). *Application of a GIS-BIOLOCO tool for the design and assessment of biomass delivery chains*. 16th European Biomass Conference & Exhibition; From Research To Industry and Markets. 640-643.
- Glass, G. E. (2014). *Geographic information systems*. Infectious Disease Epidemiology: Theory and Practice, 3rd ed. Burlington, MA: Jones & Bartlett Learning, 167-185.
- Hahn, G. J. (2020). Industry 4.0: a supply chain innovation perspective. *International Journal of Production Research*, 58(5), 1425-1441.
- Harris R. (1987). *Satellite Remote Sensing: An Introduction*. London: Routledge and Kegan Paul.
- Huang, M. C., & Huang, H. H. (2019). How transaction-specific investments influence firm performance in buyer-supplier relationships: The mediating role of supply chain integration. *Asia Pacific Management Review*, 24(2), 167-175.
- Jadid, M. N., and M. M. Idrees. (2013). *A geographic interactive supply chain management system for construction projects*. World Congress on Engineering and Computer Science 2013. Hong Kong: International Association of Engineers.
- Jeong, H., Karim, R. A., Sieverding, H. L., & Stone, J. J. (2021). An application of GIS-linked biofuel supply chain optimization model for various transportation network scenarios in Northern Great Plains (NGP), USA. *BioEnergy Research*, 14, 612-622.
- Jeong, H., Sieverding, H. L., & Stone, J. J. (2019). Biodiesel supply chain optimization modeled with geographical information system (GIS) and Mixed-Integer Linear Programming (MILP) for the northern great plains region. *BioEnergy research*, 12, 229-240.
- Korchagina, E., Kalinina, O., Burova, A., & Ostrovskaya, N. (2020). *Main logistics digitalization features for business*. E3S Web of Conferences. 164, 10023. EDP Sciences.
- Korpinen, O. J., Aalto, M., Kc, R., Tokola, T., & Ranta, T. (2023). Utilisation of spatial data in energy biomass supply chain research—A review. *Energies*, 16(2), 893.
- Lautala, P. T., Hilliard, M. R., Webb, E., Busch, I., Richard Hess, J., Roni, M. S., ... & Laitinen, T. (2015). Opportunities and challenges in the design and analysis of biomass supply chains. *Environmental Management*, 56, 1397-1415.
- Li, H., Kong, C. W., Pang, Y. C., Shi, W. Z., & Yu, L. (2003). Internet-based geographical information systems system for E-commerce application in construction material procurement. *Journal of Construction Engineering and Management*, 129(6), 689-697.

- Lisitsa, S., Levina, A., & Lepekhin, A. (2019). *Supply-chain management in the oil industry*. E3S Web of Conferences, 110, 02061. EDP Sciences.
- Ma, Z., & Ren, Y. (2017). Integrated application of BIM and GIS: An overview. *Procedia Engineering*, 196, 1072-1079. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.08.064>.
- Mafakheri, F., & Nasiri, F. (2014). Modeling of biomass-to-energy supply chain operations: Applications, challenges and research directions. *Energy Policy*, 67, 116-126.
- Mignogna, D., Szabó, M., Ceci, P., & Avino, P. (2024). Biomass energy and biofuels: Perspective, potentials, and challenges in the energy transition. *Sustainability*, 16(16), 7036.
- Mojumder, A., & Singh, A. (2021). An exploratory study of the adaptation of green supply chain management in construction industry: The case of indian construction companies. *Journal of Cleaner Production*, 295, 126400.
- Muhindo, A., Zhou, J., & Kapute Mzuza, M. (2014). Impact of logistics outsourcing strategy in oil and gas industry in Uganda. *International Journal of Business and Management*, 9(6). <https://doi.org/10.5539/ijbm.v9n6p187>
- Nimmagadda, S. L., Reiners, T., & Wood, L. C. (2019). On modelling big data guided supply chains in knowledge-base geographic information systems. *Procedia Computer Science*, 159, 1155-1164.
- Nunes, L. J. R., Causer, T. P., & Ciolkosz, D. (2020). Biomass for energy: A review on supply chain management models. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 120, 109658.
- Öztürk, M. Z. (2021). Coğrafi Bilgi Sistemlerine Giriş. *İstanbul Üniversitesi Açık ve Uzaktan Eğitim Fakültesi*.
- Pacheco, D. A. D. J., & Clausen, D. M. (2024). Sustainable purchasing supply management assessment in construction supply chains: A design science research approach. *Supply Chain Management: An International Journal*, 29(6), 943-962.
- Pettit, T. J., Croxton, K. L., & Fiksel, J. (2019). The evolution of resilience in supply chain management: A retrospective on ensuring supply chain resilience. *Journal of Business Logistics*, 40(1), 56-65.
- Prater, E. (2013). *An introduction to supply chain management: A global supply chain support perspective*. Business Expert Press.
- Sánchez-García, S., Athanassiadis, D., Martínez-Alonso, C., Tolosana, E., Majada, J., & Canga, E. (2017). A GIS methodology for optimal location of a wood-fired power plant: Quantification of available woodfuel, supply chain costs and GHG emissions. *Journal of Cleaner Production*, 157, 201-212.

- Taheri, S. R. (2006, Eylül). Remote sensing, fuzzy logic and GIS in petroleum exploration. In *SPE Asia Pacific Oil and Gas Conference and Exhibition*. SPE.
- Thang, T. D., Uyen, D. M., Huy, T. Q., Sampaio, P., Carvalho, M. S., & An, D. T. B. (2022). *Direct and indirect effects of risks on service-oriented supply chain: A covid-19 pandemic perspective*. Proceedings of the 5th ICQEM Conference. <https://hdl.handle.net/1822/90380>
- Thöni, A., & Tjoa, A. M. (2015). Information technology for sustainable supply chain management: a literature survey. *Enterprise Information Systems*, 11(6), 828–858. <https://doi.org/10.1080/17517575.2015.1091950>
- Tiwari, S., Wei, C. S., & Mubarak, M. F. (2019). Sustainable procurement: a critical analysis of the research trend in supply chain management journals. *International Journal of Business Performance and Supply Chain Modelling*, 10(3), 266-282.
- Tsakiridi, A. (2021). Applications of geographic information systems (GIS) in supply chain management: Systematic literature. *International Journal of Supply Chain Management*, 10(5).
- Wati, S. F. A., Fitri, A. S. F., Kartika, D. S. Y., Wulansari, A., & Safitri, E. M. (2022). GIS land suitability to increasing agricultural production for the agriculture supply chain: A systematic literature review. *Ijconsist Journals*, 3(2), 13-18.
- Yeletaysi, S. (2009). *A risk analysis on the continuity of the petroleum supply chain using GIS and systems simulation* (Yayınlanmamış Doktora Tezi). The George Washington University, USA.
- Yomralıoğlu, T. (2005). *Coğrafi bilgi sistemleri: Temel kavramlar ve uygulamalar*. Karadeniz Teknik Üniversitesi.
- Yunna, W., & Ping, L. (2012). Centralized Procurement of Construction Enterprises Based on SCMS. *Affective Computing and Intelligent Interaction*, 515-520.
- Zandi Atashbar, N., Labadie, N., & Prins, C. (2018). Modelling and optimisation of biomass supply chains: a review. *International Journal of Production Research*, 56(10), 3482-3506.
- Zhang, F., Wang, J., Liu, S., Zhang, S., & Sutherland, J. W. (2017). Integrating GIS with optimization method for a biofuel feedstock supply chain. *Biomass and Bioenergy*, 98, 194-205.
- Zhang, Y., Zhang, H., Zhang, J., Li, L., & Zheng, Z. (2021). *Power grid stability prediction model based on BILSTM with attention*. 2021 International Symposium on Electrical, Electronics and Information Engineering. <https://doi.org/10.1145/3459104.3459160>

