



<http://dx.doi.org/10.26450/jshsr.1845>

**Citation:** Soydan, O. (2020). Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi yerleşkesi su toplama alanı ve drenaj ağlarının archydro yazılımı kullanılarak belirlenmesi. *Journal of Social and Humanities Sciences Research*, 7(52), 885-896.

**Dr. Öğr. Üyesi Orhun SOYDAN**

Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Peyzaj Mimarlığı Bölümü, Niğde / TÜRKİYE,

0000-0003-0723-921X

## **NİĞDE ÖMER HALİSDEMİR ÜNİVERSİTESİ YERLEŞKESİ SU TOPLAMA ALANI VE DRENAJ AĞLARININ ARCHYDRO YAZILIMI KULLANILARAK BELİRLENMESİ**

### **ÖZET**

Bir alanda hidrolojik modelleme yapmanın ilk adımı, o alanın kullanım özelliklerinin ve havzalarının tanımlanmasıdır. Bunun için öncelikle alanın eğimi, akış uzunlukları vb. temel özelliklerin belirlenmesi gerekmektedir. Dijital yükseklik modellerinin (DEM) ve CBS yazılımı ile havza özellikleri elde edilebilmektedir. Bu çalışmanın temel amacı; alandan elde edilen Sayısal Yükseklik Modeli kullanılarak Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi yerleşkesine ait su toplama alanı ve drenaj ağlarının belirlenmesidir. Bu çalışmada, su toplama alanlarını ve su akış yönlerini belirlemek için ArcGIS 10.1 yazılımı 3DAnalyst eklentisi ile sayısal yükseklik modeli (DEM) ve Arc-Hydro eklentisi kullanılmıştır. Çalışma alanının hidrolojik modellemesi için; SYM yenileme, boşlukları doldurma, akım yönünü belirleme, kümülatif akım hesaplama, nehir tanımlama, nehir bölümlenme, su toplama alanı oluşturma, su toplama alanını poligonlama ve drenaj ağını belirleme aşamaları kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre; çalışma alanı sınırları içerisinde 386 adet su toplama alanı tespit edilmiştir. Yerleşkeye ait su toplama alanı 153,24 km<sup>2</sup> ve bu alanın toplam çevresi ise 1,945 km olarak belirlenmiştir. Yerleşkeye ait su toplama alanı içerisinde yer alan drenaj ağlarının toplam uzunluğu ise 31,20 km olarak tespit edilmiştir. Su havzalarındaki hidrolojik modelleme çalışmalarında Arc-Hydro yazılımının oldukça kullanışlı ve güvenilir sonuçlar elde ettiği görülmüştür.

**Anahtar Kelimeler:** Yerleşke, Havza, Arc-Hydro, Yüzeysel Akışı, Yerleşke, Drenaj

## **DETERMINATION OF WATER COLLECTION AREA AND DRAINAGE NETWORKS OF NİĞDE ÖMER HALİSDEMİR UNIVERSITY CAMPUS USING ARCHYDRO SOFTWARE**

### **ABSTRACT**

The first step to hydrological modelling in the area is to define the usage characteristics and basins of the areas. For this, first of all, the slope of the area, the length of the flow, etc. basic features need to be determined. Basin features can be obtained with digital height models (DEM) and GIS software. The study aims to determine the water collection area and drainage lines of Niğde Ömer Halisdemir University campus by using the Numerical Height Model (SYM) obtained from the area. In this study, ArcGIS 10.1 software, 3DAnalyst plug-in and numerical height model (DEM) and Arc-Hydro plug-in were used to determine water collection areas and water flow directions. For hydrological modelling of the study area; The stages of SYM renewal, filling the gaps, determining the direction of flow, calculating the cumulative flow, determining the river, dividing the river, creating a water collection area, polygonising the water collection area and determining the drainage network were used. According to the results obtained; 386 water collection areas were identified in the study area. The water collection area of the campus is determined as 153,24 km<sup>2</sup> and the total circumference of this area is 1,945 km. The total length of the drainage lines within the water collection area of the campus was determined to be 31.20 km. In hydrological modelling studies in watersheds, Arc-Hydro software has been found to achieve very useful and reliable results.

**Keywords:** Campus, Basin, Arc-Hydro, Surface Water Flow, Drainage

### **1. GİRİŞ**

Tüm ulusların sağlık, refah ve mutluluğu, çevre ile uyum içinde yaşamalarına ve doğal kaynakların akılcı kullanımına bağlıdır. Artan nüfus ve hızla gelişen teknik kapasitenin de yardımıyla doğal kaynaklar üzerinde toplumsal, ekonomik ve fiziksel talepler artmaktadır. Doğal sistemler, fiziksel süreçler ve insan ilişkileri ile ilgili özel bilgi, yetenek ve deneyimler, bu taleplerin çevreyi tahrip etmeden ve kaynakları yok etmeden karşılanması için gereklidir.

Kentleşme, mevcut doğal ya da inşa edilmiş drenaj sistemleri üzerinde büyük bir etki oluşturmaktadır. Yapılaşma sonucu, çatılar, caddeler, otoparklar, yürüme yolları gibi geçirimsiz yüzeylerin miktarında artış olmaktadır. Bu yüzey değişimleri çok farklı sonuçlar doğurmaktadır ve toprağın doğal su depolama kapasitesi azalmaktadır. Vejetasyonun kaybolması, organik maddenin azalması, geçirgenlik gibi yüzey özelliklerinin yitirilmesi sonucunda, yağışlar hızlı bir şekilde yüzey akışa geçmektedir. Özellikle kaldırım, çatı gibi geçirimsiz yüzeylerde yüzey suyu hemen akışa geçmektedir. Geçirimsiz yüzeylerde ise, yüzey akışının olabilmesi için yağış yoğunluğunun, sızma oranını geçmesi gerekmektedir. Bir diğer deyişle, toprağın suya doyması gerekmektedir. Toprak altı akışı ise, yağışlarla gelen suyun toprağa sızması ve toprak içinde yatay ve dikey yönde hareketi ile meydana gelir. Suyun toprak içinde hareketi toprağın geçirgenliğine bağlıdır ve genellikle yüzey akışından daha yavaştır (Strom, Nathan ve Woland, 2009). Yüzey suyunun etkili biçimde denetlenmesi, erozyonun engellenmesi yanında taşkın, sel ve heyelan oluşumunu önlediği gibi kar ve yağmur sularının toprak tarafından emilmesi ve bitkilerin kullanımına sunulması ya da alandaki fazla suyun uzaklaştırılması ile olası zararlanmalara engel olunur (Başal, 2000).

Havza ve alt havza sınırlarının belirlenmesi aşamasında yapılan işlemler, yüzeysel akış-akarsu ağının belirlenmesi, havza dış sınırlarının belirlenmesi ve elde edilen havza bütününe alt havzalara bölünmesidir (Tong ve Chen, 2002). Sayısal yükseklik modelleri (DEM) arazi yüzey morfolojileri (U.S. Geological Survey, 1987) hakkında detaylı bilgi elde etmek için kullanılabilir. Geleneksel olarak raster işleme sistemleri ve algoritmaları, eğim, bakı ve yükselti (Klingebiel vd., 1988) gibi yüzey analizlerini (Peucker ve Douglas, 1975) hesaplamak için kullanılır. ABD'deki havza analizi modellemesine yönelik birçok uygulamaya yapılmış ve havza karakteristikleri belirlenmiştir (Bergman, Green ve Donnangelo, 2002; Carrubba, 2000; Dindaroğlu, Özgül ve Canbolat, 2012; Endreny, Somerlot ve Hassett, 2003; Uchirin, 2007).

Havzaların fiziksel özelliklerinin belirlenmesi su ve havza kaynaklarının sürdürülebilir olarak, havza bazında bütüncül yönetim planlanması açısından mühendisler ve karar vericilere önemli yararlar sağlamaktadır. Bu amaçla, havza bazlı çalışmalarda bilgisayar programlarının ve modellemelerin sayıları ve kullanım alanları oldukça artmıştır. Özellikle Coğrafi Bilgi Sistemlerinin kullanımı oldukça yaygınlaşmış ve geliştirilen çok sayıda yazılım ile birçok havza özelliğinin daha kısa sürede ve güvenilir bir şekilde belirlenmesi sağlanmıştır. Örneğin, yaygın kullanılan CBS yazılımlarından biri olan ArcGIS ile entegre edilen Arc-Hydro modülü ile Sayısal Yükseklik Modellerinden (SYM) havza sınırı ve drenaj ağlarını hızlı bir şekilde belirlemek mümkün olmaktadır. Arc-Hydro modülü havza sınırlarının hızlı ve kolay şekilde belirlenmesinin yanı sıra baraj ve gölet gibi yapıların planlama aşamasında aks yeri, kret yüksekliği ve rezervuar alanına karar destek aşamasında, taşkın önleme tesislerinin planlamasında önem arz etmektedir (Li, 2014; Yıldırım, Özalp ve Yüksel, 2016).

Ülkemizde yapılan drenaj çalışmalar incelendiğinde; otoyollar, tarımsal araziler ve inşaat alanlarında çalışmalar yapıldığı görülmektedir. Ancak yerleşkelerin drenajı ile ilgili çok az sayıda çalışma bulunmaktadır. Oysa topoğrafik yapının da etkisiyle drenaj sorunlarının oldukça fazla olduğu ülkemizde, gerek suyun kullanımı ve yönetimi, gerekse sel ve taşkınların önlenmesi, kentsel alanlarda çözülmesi gereken en önemli sorunlardan biridir. Bu yüzden yağmur sularıyla ya da yanlış sulama yöntemleri sonucu ortaya çıkan drenaj çözümü önem taşımaktadır. Bu bağlamda tasarım ve uygulama sürecine ilişkin önerilerin geliştirilmesi gerekmektedir.

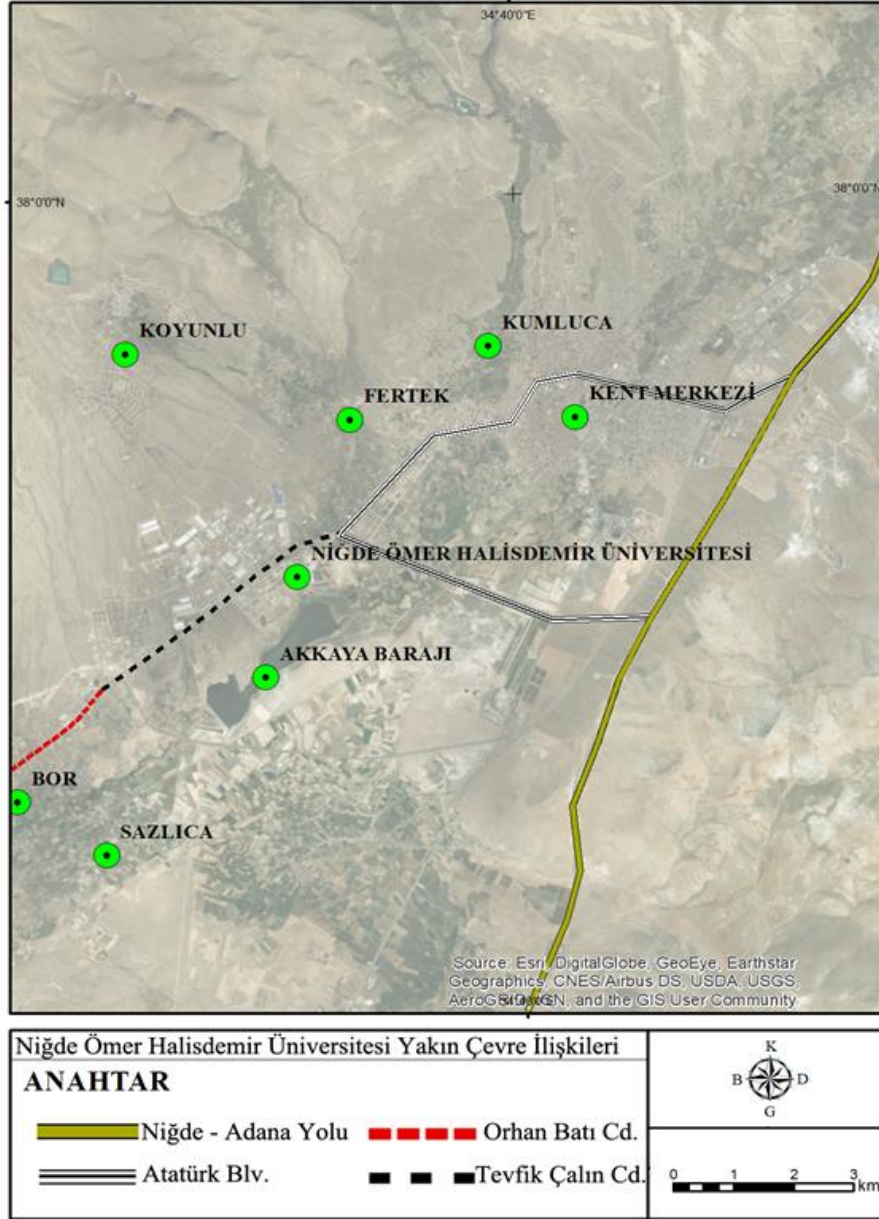
Bu çalışmada, su toplama alanları ve su akış yönlerini belirlemek için ArcGIS 10.1 yazılımı 3DAnalyst eklentisi ile sayısal yükseklik modeli (DEM) ve Arc-Hydro eklentisi kullanılmıştır. Çalışma alanının hidrolojik modellemesi için; SYM yenileme, boşlukları doldurma, akım yönünü belirleme, kümülatif akım hesaplama, nehir tanımlama, nehir bölümlenme, su toplama alanı oluşturma, su toplama alanını poligonlama ve drenaj ağını belirleme aşamaları kullanılmıştır.

## 2. MATERYAL VE METOT

### 2.1. Materyal

Çalışma alanı olarak Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi yerleşkesi tercih edilmiştir. Çalışma alanı olarak bu alanın tercih edilme nedeni ise; su toplama alanlarının tespit edilerek alan kullanımlarının zarar görmesini önlemektir. Yerleşkenin Niğde ili içerisindeki konumu Şekil 1'de verilmiştir. Niğde

Ömer Halisdemir Üniversitesi yerleşkesi içerisinde yer alan yapılar ulaşım ağları ve yerleşkeye giriş çıkış noktaları Şekil 2'de verilmiştir. Çalışma kapsamında Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi yerleşkesinin güncel hâlihazır haritaları Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Yapı ve Teknik Daire Başkanlığından temin edilmiştir.



Şekil 1. Yerleşke ve Yakın Çevresi İlişkileri (Orijinal, 2020)

Alınan haritalar üzerinden Niğde Ömer Halisdemir Üniversite yerleşkesinin güncel durumu ArcGIS 10.1 yazılımı kullanılarak çizilmiştir. Çalışma kapsamında, günümüz teknolojisinin sunduğu zaman ve hassasiyet açısından önemli bir araç olan, kullanıcının değişik kombinasyondaki veriyi ve bilgiyi kolayca seçmesini ve görüntülemesini sağlayan, tüm haritalama fonksiyonları, tablosal veri yönetimi, veri çeşidi desteği ve güçlü analiz yeteneğinden dolayı CBS yazılımı olarak ArcGIS 10.1 yazılımı, 3DAnalyst ve ArcHydro eklentileri yazılımı kullanılmıştır. Bu yazılımdan; analizlerin yapılmasında, yöntemlerin alanlar üzerinde uygulanmasında ve haritaların üretilmesinde faydalanılmıştır. Bu yazılımın yanı sıra verilerin işlenmesi ve hesaplamalar için Microsoft Excel 2010, verilerin sunumu ve haritaların hazırlanması amacıyla Autodesk firmasının Autocad 2013 ve Adobe firmasının Photoshop CS5 yazılımlarından yararlanılmıştır.



Şekil 2. Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Yerleşkesinde Bulunan Yapıların İşlevi (Orijinal, 2020)

## 2.2. Metot

Çalışmada ilk olarak Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Yerleşkesi  $1\text{ m} \times 1\text{ m}$  boyutlarında gridlere bölünmüş, Totalstation ölçüm araçları ile sayısal değerler oluşturularak kot yükseklikleri bulunmuştur. ArcGIS 10.1 yazılımında ilk olarak yerleşkede dijital aletlerin yardımıyla elde edilen  $1\text{ m} \times 1\text{ m}$  şeklindeki gridlerin kot değerleri veri tabanına aktarılmıştır. Bu kot değerleri üzerinden eğim analizi yapılabilmesi için 3 boyutlu yükseklik haritaları (DEM) oluşturulmuş ve bu haritalar üzerinden eğim analizleri yapılmıştır. Ayrıca, yerleşkedeki yağmur sularının akış ve toplanma yerlerinin tespit edilmesi amacıyla ArcGIS 10.1 yazılımı içerisindeki 'Arc-Hydro' eklentisi kullanılmıştır. Arc-Hydro eklentisi ile yüzey sularının akış yönlerinin belirlenmesi amacıyla, öncelikle çalışma alanının yükseklik haritası oluşturulmuştur. Bu harita üzerinden eğim haritası yapılmıştır. Arc-Hydro eklentisinde su toplama havzaları, drenaj çizgileri ve su toplanma noktalarını belirleme işlemleri; 'Arazi verileri ön işleme' ve 'Su toplama alanı işleme' olmak üzere iki aşamada gerçekleştirilmektedir. Arc-Hydro eklentisi ile yerleşkenin yüzey sularının akış yönleri, su toplanma alanları ve su toplanma noktaları tespit edilmiştir. Parkın yüzey sularının akış yönüne göre su toplanma alanları belirlenmiş ve bu alanların özellikleri tespit edilmiştir. Arc-Hydro eklentisinde su toplama havzaları, drenaj çizgileri ve su toplanma noktalarını belirleme işlemleri; 'Arazi verileri ön işleme' ve 'Su toplama alanı işleme' olmak üzere iki aşamada gerçekleştirilmektedir. 'Arazi verilerini ön işleme' aşamasında izlenecek adımlar Şekil 3'te verilmiştir.



Şekil 3. Arc-Hydro Eklentisi Çalışma Aşamaları

Çalışma sonunda yerleşkede içerisinde oluşan su toplama alanlarına yönelik öneriler getirilmiştir.

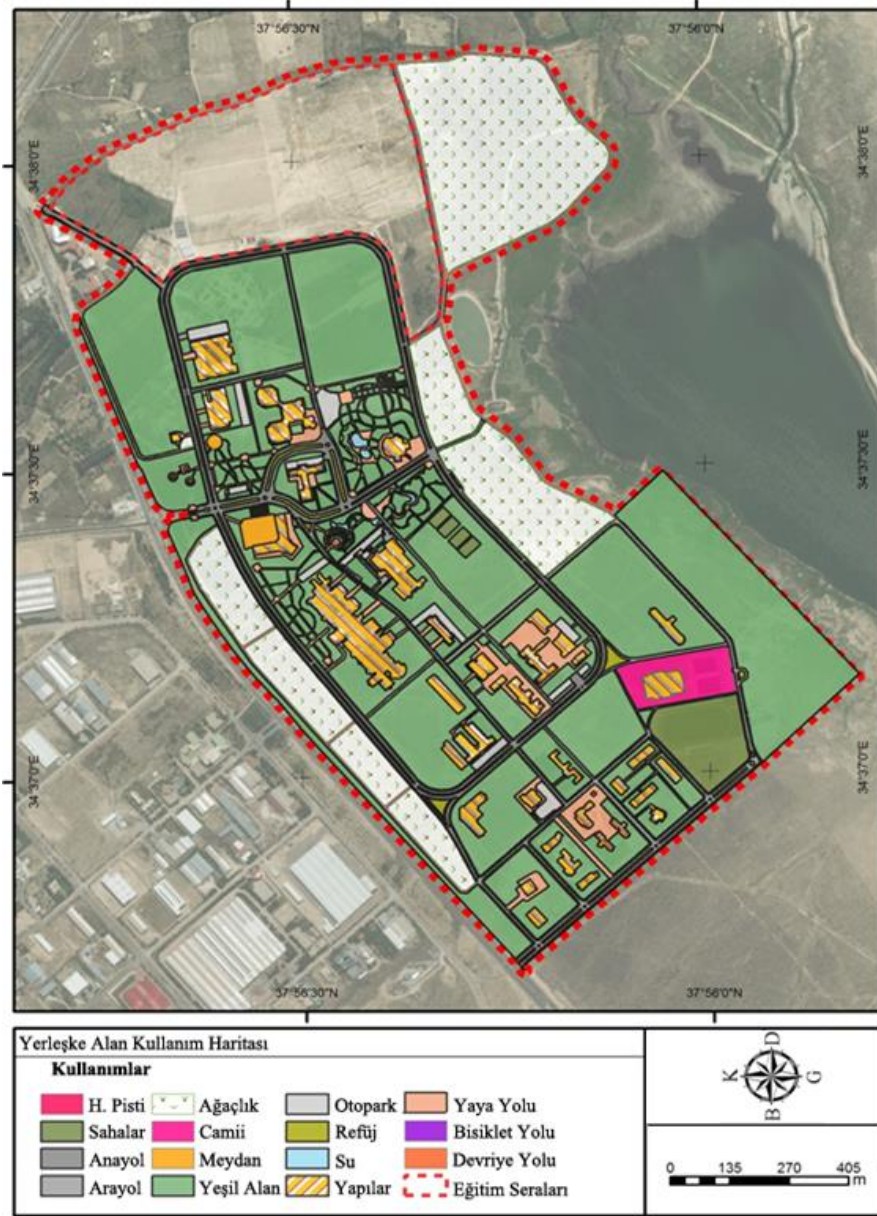
### 3. BULGULAR

Yerleşke alan kullanımları ve alanları Tablo 1 ve Şekil 4’te verilmiştir. Yerleşke içerisinde yeşil alanlarının oranı % 64,30, yapıların oranı ise % 5,17’dir.

Tablo 1. Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Yerleşkesi Alan Kullanımı

Kullanım	Alan (ha)	Yüzde (%)	Kullanım	Alan (ha)	Yüzde (%)
Anayol-Ara yol-Bisiklet-Devriye-Yaya Yolları	27,103	12,58	Orta Refüjler	2,627	1,22
Sert Zeminler (Pist, Meydan, Otopark, Toplanma Alanı)	6,736	3,12	Top Sahası	0,509	0,24
Sera	28,427	13,2	Binalar	11,107	5,17
Su Alanları	0,356	0,17	Yeşil Alanlar	138,43	64,3
<b>TOPLAM</b>				215,294 ha	

Yerleşkenin topoğrafik yapısının su akışına olan etkisinin belirlenmesi amacıyla eğim analizi yapılmıştır. Yapılan analizler sonucunda yerleşkenin eğiminin çoğunlukla % 2 ile % 6 arasında değiştiği tespit edilmiştir. Yerleşkenin sahip olduğu topoğrafyanın, yüzey sularının akışın hızlandırarak kadar yüksek bir eğime sahip olmadığı tespit edilmiştir. Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi yerleşkesine ilişkin eğim sınıflarının alansal dağılımı Tablo 2’de verilmiştir.

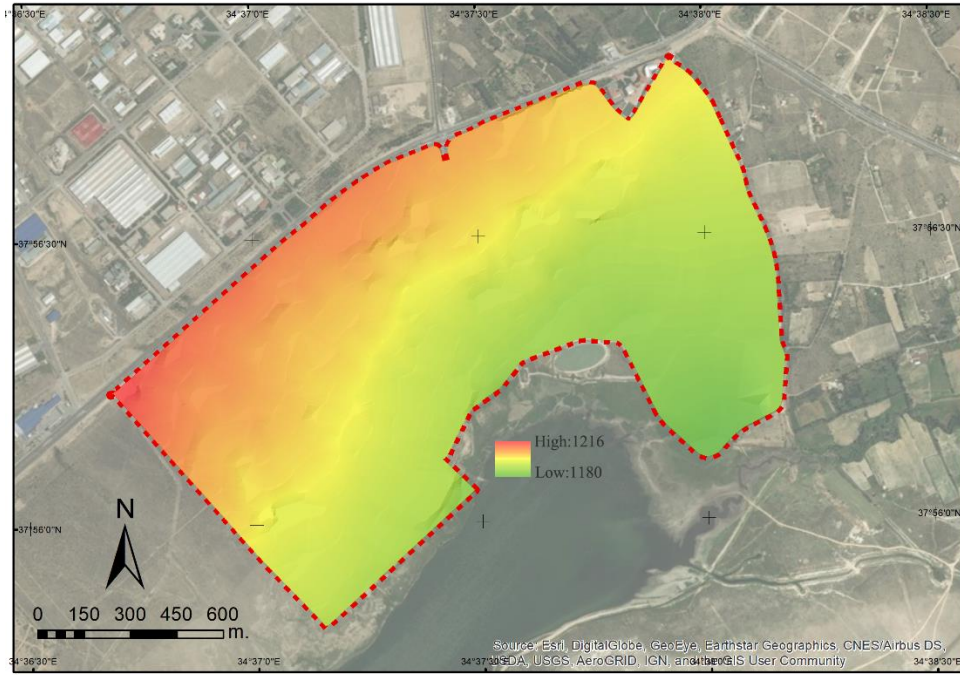


Şekil 4. Yerleşke Alan Kullanımları Haritası (Orijinal, 2020)

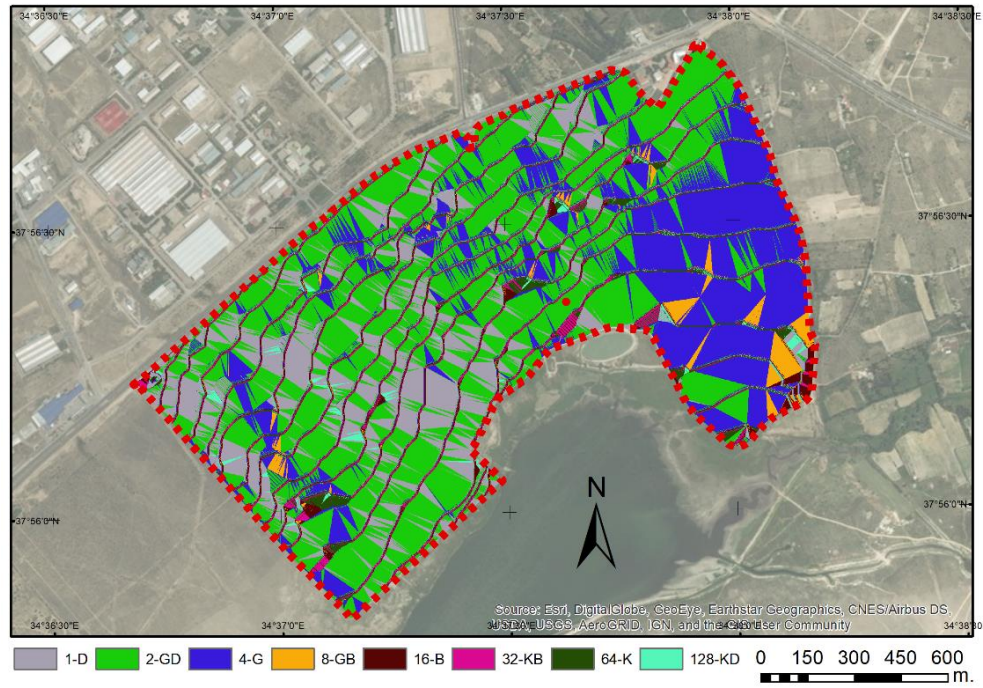
Tablo 2. Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Yerleşkesi Eğitim Durumu

Eğim Grupları (%)	Alan (ha)	Yüzde (%)
0 - 2 (Düze Yakın)	145,23	67,46
2 - 6 (Hafif Eğimli)	21,27	9,88
6 - 12 (Orta Eğimli)	23,69	11,01
12 - 20 (Dik)	9,29	4,32
20 - 30 < (Çok Dik)	5,59	2,60
30 < (Sarp)	10,20	4,74
<b>TOPLAM</b>	<b>215,29</b>	<b>100,00</b>

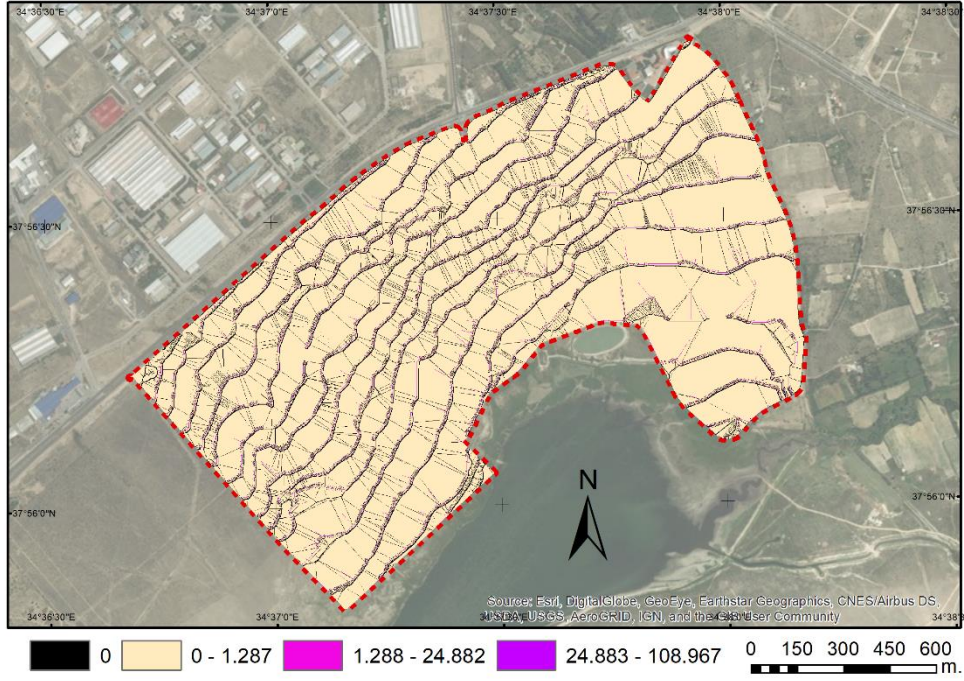
Yerleşke, 1180 m – 1216 m arasında değişen bir yüksekliğe sahiptir (Şekil 5). Çalışmanın ilk aşamasında; düzeltilmiş veriler üzerinde “akım yönünü belirleme” işlemi yardımıyla çalışma alanına ilişkin akım yönleri belirlenmiştir (Şekil 6). Akım yönünün şiddeti Kuzey, Batı, Güney, Doğu, Güneybatı, Kuzeydoğu, Güneydoğu, Kuzeybatı doğrultusunda azalmaktadır. Çalışma alanında biriken su miktarının koyu mavi renge doğru arttığı ve su toplanma noktalarının belirlendiği tespit edilmiştir (Şekil 7).



Şekil 5. Yerleşke Yükseklik Haritası

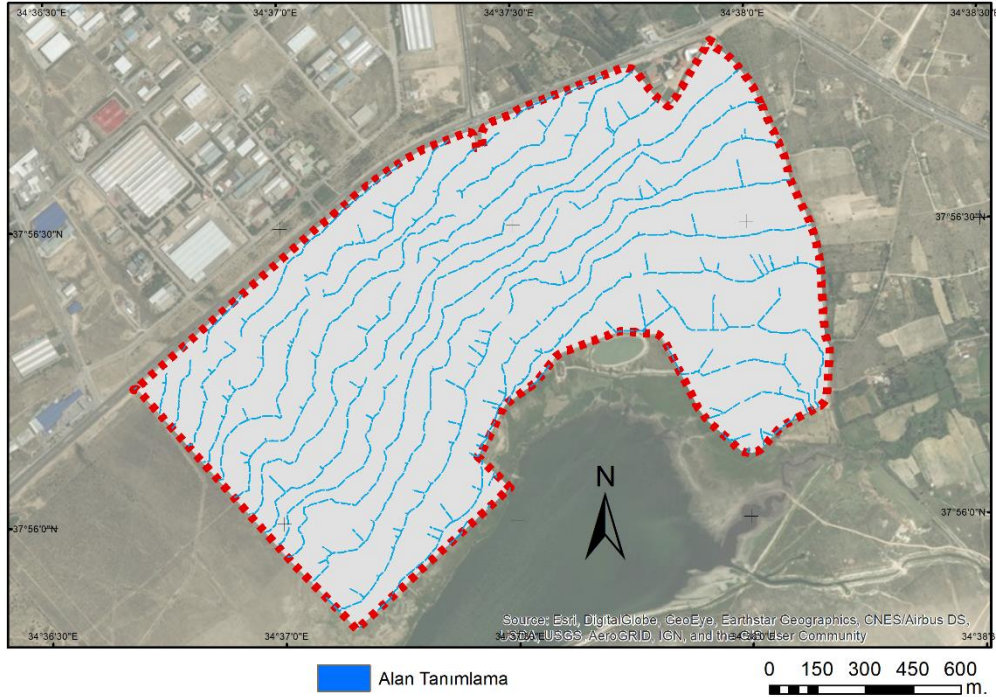


Şekil 6. Çalışma Alanına Ait Akım Yönü



Şekil 7. Kümülatif Akım Haritası

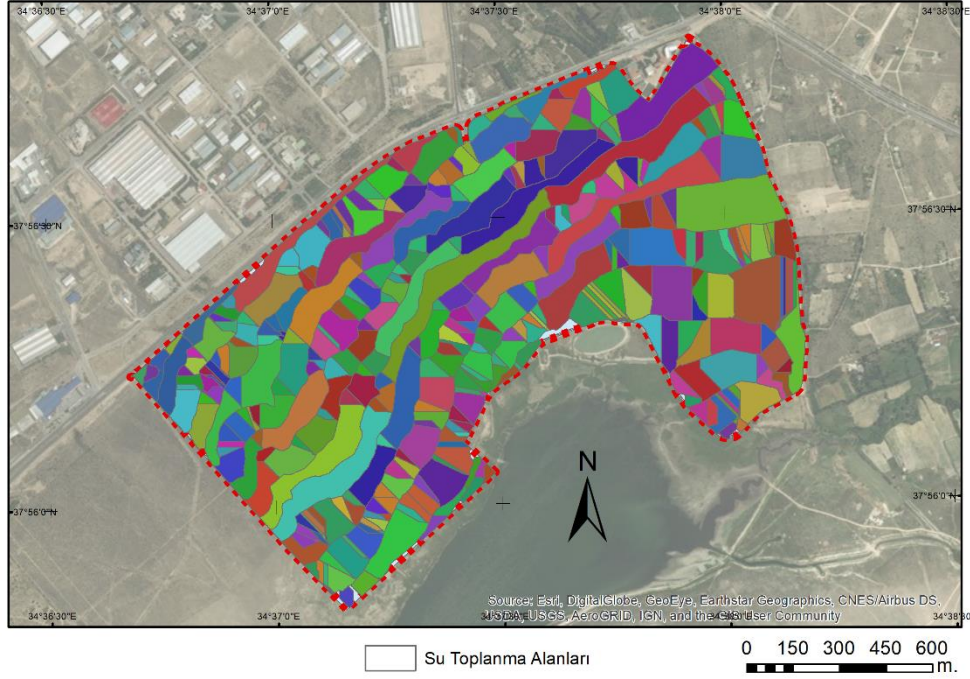
Kümülatif akım haritası (Şekil 7) “nehir tanımlama ve bölümlleme” işlemi kapsamında değerlendirilmiş ve çalışma alanına ait nehir sistemi ortaya konulmuştur (Şekil 8).



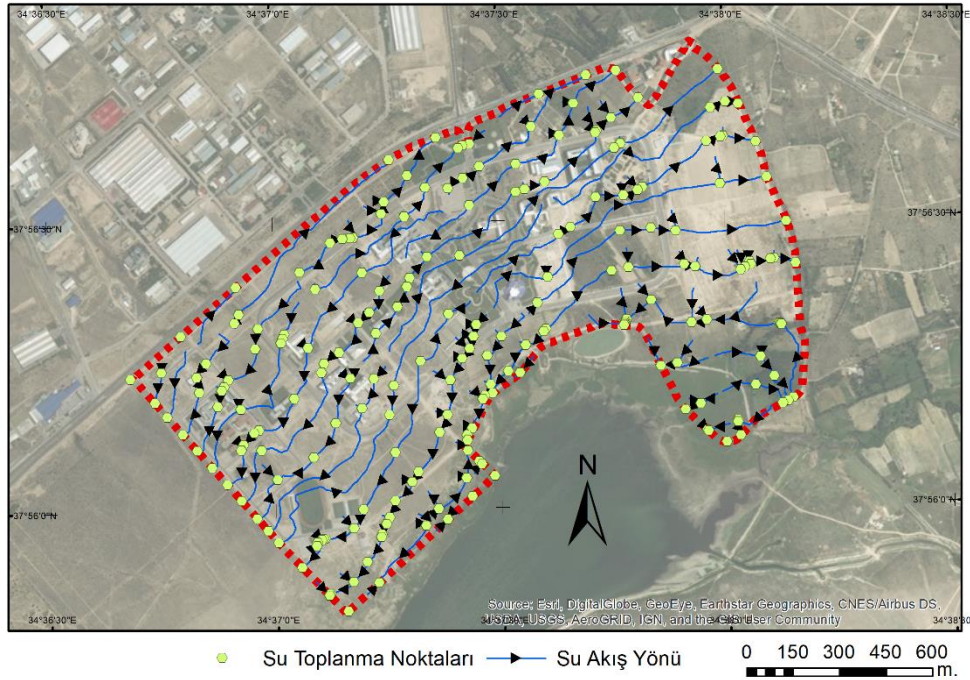
Şekil 8. Çalışma Alanına Ait Nehir Tanımlama ve Bölümlleme Haritası

Çalışma alanı sınırları içerisinde 386 adet su toplama alanı tespit edilmiştir (Şekil 9). Yerleşkeye ait su toplama alanı 153,24 km<sup>2</sup> ve bu alanın toplam çevresi ise 1,945 km olarak belirlenmiştir. Yerleşkeye ait su toplama alanı içerisinde yer alan drenaj ağlarının toplam uzunluğu ise 31,20 km olarak tespit edilmiştir (Şekil 10).



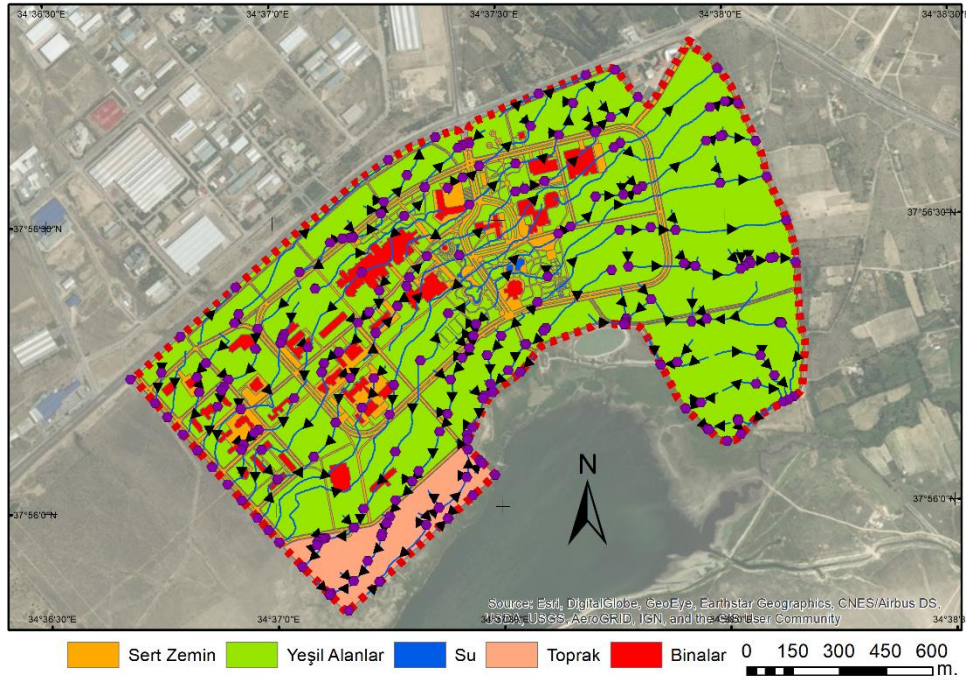


**Şekil 9.** Yerleşkeye Ait Su Toplama Alanları



**Şekil 10.** Yerleşke Su Toplanma Noktaları ve Su Akış Yönleri

Yerleşke içerisinde su akış yönleri ve su toplanma alanlarının mevcut alan kullanımları ile olan ilişkisinin tespit edilmesi amacıyla yerleşkenin alan kullanım haritası ile su toplanma ve su akış yönleri haritası çalıştırılmıştır (Şekil 11). Analiz sonuçlarına göre; 368 su toplanma noktasının 36'sinin yapıların, 67'sinin yolların, 277 tanesinin ise yeşil alanlar ya da toprak zeminler üzerinde olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 11. Alan Kullanımları ve Su Toplama Alanları Çakıştırma Haritası

#### 4. SONUÇ

Yerleşkeler toplum kullanımına açık kamusal mekânlardır. Yağışın olmadığı dönemlerde insanların çeşitli rekreasyonel ihtiyaçlarını karşılayan bu alanlardan, yağışının yoğun olduğu kış aylarında da yararlanabilmek için doğru tasarlanmış bir drenaj sistemine ihtiyaç vardır. Yerleşkelerin drenaj sistemlerinin uygun bir şekilde yapılarak etkin bir yüzey suyu denetimi ve kontrolünün yapılması, yağışların çok olduğu mevsimlerde de kullanımını olanaklı hale getirmek, emniyetini sağlamak, yerleşkenin sahip olduğu değerleri vurgulamak suretiyle kent kimliğinin oluşmasına katkıda bulunmak gibi işlevleri yerine getirmesi açısından önem taşımaktadır.

Yerleşkelerde yüzey sularını uzaklaştıracak drenaj sistemlerinin bulunmamasının yanında yerleşke içerisindeki yapısal ve bitkisel öğelerin yüzey sularının belirli noktalarda toplanmasına da neden olduğu belirlenmiştir. Çeşitli yüzey örtü tiplerinin, döşeme elemanlarının ve alan içerisindeki topoğrafik unsurların yüzey suyu toplanmasına neden olduğu tespit edilmiştir. Kısa süreli ve şiddetli olmayan yağışlarda bile yerleşke üzerinde göllenmeler ve buna bağlı olarak önemli miktarda yüzey suyu akışları oluşmaktadır. Bu da yerleşkenin kullanımını azaltmakta, düşük kotlardaki alanlarda su birikmesine neden olmaktadır. Çalışma kapsamında yerleşke peyzaj tasarımlarının, yüzey sularına olan etkileri de araştırılmıştır. Yerleşkedeki alan kullanımının, alan plastiği çözümlenmeleri doğru yapılmadığından yüzey suyu akış yönlerini etkilediği görülmüştür. Yerleşke için yağmur sonrası yüzey akışına geçen suların akış yönleri üzerinde yapısal ve bitkisel öğeler bulunmuştur.

Yerleşke içerisindeki bazı bölgelerde yeşil alanlar ile yaya yollarını ayırmak amacıyla bordürler bulunmaktadır. Yüzey akışına geçen suların bir bölümünün çim alanlar ile bordürler arasındaki yükseklik farklılığından dolayı bordür arkalarında toplandığı tespit edilmiştir. Bu suları daha az yükseklikte olan yerlere taşıyacak drenaj hendeklerinin olmaması yerleşke içerisinde yüzey sularının uzaklaştırılması açısından sorunlara neden olmaktadır.

Yerleşkenin yüzey sularının akış yönleri incelenerek yerleşkenin peyzaj tasarımları ve drenaj sistemleri ile olan ilişkileri incelenmiştir. Yapılan analiz sonuçlarına göre yerleşkelerin peyzaj tasarımlarının yerleşkenin drenaj sistemlerini etkilediği belirlenmiştir. Yerleşkede meydana gelen yüzey suyu akışları yerleşkenin mevcut kullanımına göre belirli noktalarda toplanmaktadır. Çalışma sonuçlarına göre yerleşkedeki yüzey suları genellikle yaya yolları üzerinde toplanmaktadır.

Yerleşke içerisinde bulunan su yüzeylerinin (dere, nehir vb.) drenaj hatları oluşturulması aşamasında çok büyük fayda sağladığı gözlemlenmiştir. Yüzey akışına geçen yağmur sularının dere, nehir vb.

alanlara doğru yönlendirilerek uzaklaştırılması işlemi; mevcut durumun korunması yanında drenaj hatlarının yapım maliyetlerinin azaltılması açısından da çok büyük bir öneme sahiptir. Bu tür alanlarda yüzey (açık) drenaj sistemleri tercih edilmelidir. Yerleşkenin mevcut durumu üzerinde fazla miktarda değişikliğe neden olan ve maliyeti fazla olan kapalı drenaj sistemleri bu tür alanlar için tercih edilmemelidir. Bir yerleşkenin drenaj konusunda yeterli sayılabilmesi için arazi ile ilgili temel etütlerin yapılması gerekmektedir. Peyzaj tasarım sürecinden önce arazi yapısı incelenmeli, gözlemler yapılmalı, yağmur sularının akış yönleri ve olası su toplanma noktaları tespit edilip peyzaj tasarımı sürecine öyle başlanmalıdır. Arazi yapısı dikkate alınarak yapılan bir peyzaj tasarımı drenaj konusunda oluşabilecek sorunları en aza indirir. Bu yüzden su toplanması muhtemel alanlar mümkün olduğunca kullanımlardan uzak tutulmalı, eğer uzak tutulamyorsa bu alanlara özel drenaj çözümleneleri geliştirilmelidir.

Ancak arazi formu, drenaj sistemleri tasarımını geliştiren veya kısıtlayan faktörlerin başında gelmektedir. Arazi topoğrafyası dikkate alınmadan yapılan tasarımlar, doğal olaylardan en çok etkilenen alanlar olmaktadır. Uzun süreli aşırı ve şiddetli yağışlardan sonra özellikle fazla eğimli ve geçirimsiz topraklarda aşırı yüzey akışları meydana gelmektedir. Ayrıca kar yağışının yoğun olduğu alanlarda ısının artması sonucu kar örtüsünün erimesi ile yüzey akışları oluşmaktadır. Drenaj sistemlerinin yetersiz olduğu eğimli alanlarda fazla suyun alanlardan uzaklaştırılmaması sonucu sel ve erozyon olayları; düz alanlarda ise fazla suyun alandan uzaklaştırılmaması arazi topoğrafyasını bozmaktadır.

Arc-Hydro modülü ile elde edilmiş olan ve benzer çalışmalarda elde edilen sayısal havza sınırları, havza temelli su kaynakları veri tabanının oluşturulmasında çözüm sağlayacaktır. Arc-Hydro modülü yardımıyla da drenaj ağına düşen toplam yağış miktarı hesaplanabilmekte, su kaynaklarının planlanmasına yönelik olarak baraj ve göl rezervuarındaki toplam su miktarı belirlenebilmekte ve havzadaki yağış-akış ilişkisi belirlenerek doğal afetler konularında gerekli önlemler alınabilmektedir. Hidrolojik verileri içeren zaman serilerinin yönetiminde büyük kolaylık sağlayan Arc-Hydro modülü ile zamana bağlı veriler mekânsal özelliklerle ilişkilendirilerek yeryüzünde suyun hareketi belirlenebilmektedir (Karakuş ve Yıldız, 2019).

Bu çalışma sırasında karşılaşılan sorunlar ve konu hakkında yapılan araştırmalar doğrultusunda çeşitli öneriler getirilmiştir.

- Alanlar içerisinde yüzey akışına geçen suyun uygun drenaj sistemine yönlendirilmesi veya yeniden kullanılmasını sağlayacak drenaj sistemleri tasarlanmalıdır.
- Alanlardaki mevcut kullanımların oluşturmuş olduğu yüzey akış miktarları dikkate alınarak peyzaj tasarımları gerçekleştirilmelidir.
- Proje alanlarındaki yapı malzemeleri, yağmur sularının infiltrasyon hızlarında mümkün olan en az değişime neden olacak, engellemeyecek veya sınırlamayacak özelliklerde tasarlanmalıdır. Örneğin çim alanlar ile yaya yollarının ayrılmasında kullanılacak olan bordürlerin yerleri ve yükseklikleri yüzey suyu akış yönünü kesmeyecek şekilde tasarlanmalı ve uygulanmalıdır. Ya da alan içerisinde kullanılacak olan pergola, aydınlatma elemanlarının yer seçiminde yüzey sularının akış yönlerinin önemsenmesi gerekmektedir.
- Çalışma alanlarındaki akışa geçen yüzey suyunun azaltılması veya yavaşlatılması için bitkisel tasarım önerileri arttırılmalıdır. Örnek olarak Eucalyptus globulus (okaliptüs) gibi su emilimi fazla olan bitkiler drenaj konusunda avantaj sunarlar.
- Yüzey drenaj hendeklerinin üstleri kullanıcı güvenliği sebepleriyle ve kirliliğin azaltılması amacıyla ızgara gibi konstrüksiyon materyalleri ile kapatılmalıdır.
- Yüzey akışları ile toplanan yağmur sularının mevcut altyapı sistemlerine aşırı yük bindirmesi engellenmelidir. Yağışla gelen suyun optimum değerlendirilmesi için yağmur suyu hasadı yöntemlerinin kullanılması teşvik edilmelidir.

**KAYNAKÇA**

- BAŞAL, M. (2000). *Arazi Biçimlendirme ve Model*. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Peyzaj Mimarlığı Bölümü Peyzaj Mühendisliği Ders Notu, Ankara.
- BERGMAN, M. J., GREEN, W. & DONNANGELO, L. J. (2002). Calibration of storm loads in the South Prong Watershed, Florida, using BASINS/HSPF. *Journal of the American Water Resources Association*, 38(5),1423-1436.
- CARRUBBA, L. (2000). Hydrologic modeling at the watershed scale using NPSM 1. JAWRA. *Journal of the American Water Resources Association*, 36(6), 1237-1246.
- DİNDAROĞLU, T., ÖZGÜL, M. & CANBOLAT, M. Y. (2012). Sayısal Yükseklik Modeli Kullanılarak Bazı Havza Karakteristiklerinin Saptanması ve Arazi Kullanımı. *KSÜ Mühendislik Bilimleri Dergisi*, (Özel Sayı), 197-205.
- ENDRENY, T. A., SOMERLOT, C. & HASSETT, J. M. (2003). Hydrograph sensitivity to estimates of map impervious cover: A Winhsf Basins case study. *Hydrological processes*, 17, 1019-1034. *International User Conference*. Environmental Systems Research Institute, San Diego, California, 26-30.
- KARAKUŞ, C. B. & YILDIZ, S. (2019). Sivas 4 Eylül Barajı Su Toplama Alanı İle Drenaj Ağlarının Belirlenmesi: Archydro Uygulama Örneği. *VIII. Umteb International Congress on Vocational & Technical Sciences*. Sayfa: 174-184.
- KLINGEBIEL, A. A., HORVATH, E. H., REYBOLD, W. U., MOORE, D. G., FOSNIGHT, E. A. & LOVELAND, T. R. (1988). A guide for the use of digital elevation model data for making soil surveys. *US geological survey open-file report*, 88(102), 18.
- LI, Z. (2014). Watershed modeling using arc hydro based on DEMs: a case study in Jackpine watershed. *Environmental Systems Research*, 3(11), 1-12
- PEUCKER, T. K. & DOUGLAS, D. H. (1975). Detection of surface-specific points by local parallel processing of discrete terrain elevation data. *Computer Graphics and image processing*, 4(4), 375-387.
- STROM, S., NATHAN, K. & WOLAND, J. (2009). *Site Engineering for Landscape Architects*. 5. Edition, TH375.S77, ISBN 978-0-470-13814-4, New Jersey, USA.
- TONG, S. T. & CHEN, W. (2002). Modeling the relationship between land use and surface water quality. *Journal of environmental management*, 66(4), 377-393.
- U.S. GEOLOGICAL SURVEY (1987). *Digital Elevation Models: U.S. Geological Survey Data User's Guide 5*, 38 p.
- UCHRIN, C.G. (2007). Modeling the hydrology and water quality using BASINS/HSPF for the upper Maurice River Watershed, New Jersey. *Journal of Environmental Science and Health, Part A*, 42(3), 289-303.
- YILDIRIMER, S., ÖZALP, M. & YÜKSEL, E. E. (2016). SRTM ve Topoğrafik harita verileri kullanılarak Artvin ilindeki yağış havzalarının fiziksel özelliklerinin belirlenmesi. *Artvin Çoruh Üniversitesi Doğal Afetler Uygulama ve Araştırma Merkezi Doğal Afetler ve Çevre Dergisi*, 2(2),71-80.