

T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

KENTSEL TEKNİK ALTYAPI TESİSLERİNE İLİŞKİN
ULUSAL COĞRAFİ VERİ MODELİ ÖNERİSİ

Azer İLGAR KARA

DOKTORA TEZİ
Harita Mühendisliği Anabilim Dalı
Uzaktan Algılama ve CBS Programı

Danışman
Doç. Dr. Volkan ÇAĞDAŞ

Eş-Danışman
Prof. Dr. Mustafa TÜRKER

Ağustos, 2021

T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

KENTSEL TEKNİK ALTYAPI TESİSLERİNE İLİŞKİN ULUSAL
COĞRAFİ VERİ MODELİ ÖNERİSİ

Azer İLGAR KARA tarafından hazırlanan tez çalışması 03.08.2021 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Harita Mühendisliği Anabilim Dalı Uzaktan Algılama ve CBS Programı **DOKTORA TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Doç. Dr. Volkan ÇAĞDAŞ
Yıldız Teknik Üniversitesi
Danışman

Prof. Dr. Mustafa TÜRKER
Hacettepe Üniversitesi
Eş-Danışman

Jüri Üyeleri

Doç. Dr. Volkan ÇAĞDAŞ, Danışman
Yıldız Teknik Üniversitesi

Prof. Dr. Hülya DEMİR, Üye
Yıldız Teknik Üniversitesi

Prof. Dr. Dursun Zafer ŞEKER, Üye
İstanbul Teknik Üniversitesi

Prof. Dr. Metin SOYCAN, Üye
Yıldız Teknik Üniversitesi

Prof. Dr. Hande DEMİREL, Üye
İstanbul Teknik Üniversitesi

Danışmanım Doç. Dr. Volkan ÇAĞDAŞ sorumluluğunda tarafımca hazırlanan KENTSEL TEKNİK ALTYAPI TESİSLERİNE İLİŞKİN ULUSAL COĞRAFİ VERİ MODELİ ÖNERİSİ başlıklı çalışmada veri toplama ve veri kullanımında gerekli yasal izinleri aldığımı, diğer kaynaklardan aldığım bilgileri ana metin ve referanslarda eksiksiz gösterdiğimi, araştırma verilerine ve sonuçlarına ilişkin çarpıtma ve/veya sahtecilik yapmadığımı, çalışmam süresince bilimsel araştırma ve etik ilkelerine uygun davrandığımı beyan ederim. Beyanımın aksinin ispatı halinde her türlü yasal sonucu kabul ederim.

Azer İLGAR KARA

İmza

aieme

TEŞEKKÜR

Tez çalışma sürecimde beni her konuda destekleyen, bilgi birikimine, vizyonuna ve akademisyenliğine imrendiğim, birlikte çalışmaktan onur duyduğum, sayın danışman hocam Doç. Dr. Volkan ÇAĞDAŞ'a bana güvendiği, inandığı ve beni desteklediği için sonsuz teşekkürlerimi sunarım. Saygıdeğer eş danışman hocam Prof. Dr. Mustafa TÜRKER'e, çok kıymetli bilgi ve tecrübeleriyle beni yönlendirdiği, cesaretlendirdiği ve çalışmalarım süresince beni her konuda desteklediği için minnettarım.

Tez izleme komite üyeleri sayın Prof. Dr. Hülya DEMİR ve sayın Prof. Dr. Dursun Zafer ŞEKER hocalarıma, çok değerli katkıları, yönlendirmeleri ve yapıcı bakış açılarıyla beni hep yüreklendirdikleri için içtenlikle teşekkür ederim. Kıymetli jüri üyeleri Prof. Dr. Metin SOYCAN'a ve Prof. Dr. Hande DEMİREL'e değerli yorum ve katkılarından dolayı teşekkür ederim.

Tez çalışmam süresince görevli bulunduğum Hacettepe Üniversitesi Geomatik Mühendisliği Bölümü ile Yıldız Teknik Üniversitesi Harita Mühendisliği Bölümünde birlikte çalışmaktan büyük mutluluk duyduğum sayın hocalarıma ve sevgili çalışma arkadaşlarıma teşekkürü borç bilirim.

Hep yanımda olan, bana güç ve cesaret veren canım aileme ve sevgili eşime, destekleri ve gösterdikleri sabır için teşekkür ederim.

Azer İLGAR KARA

İÇİNDEKİLER

KISALTMA LİSTESİ	viii
ŞEKİL LİSTESİ	x
TABLO LİSTESİ	xii
ÖZET	xiii
ABSTRACT	xv
1 GİRİŞ	1
1.1 Literatür Özeti	1
1.2 Tezin Amacı	6
1.3 Orijinal Katkı	7
2 TEKNİK ALTYAPI TESİSLERİNİN KURULUM VE İŞLETİMİNDE COĞRAFI VERİ YÖNETİMİ	8
2.1 Teknik Altyapı Sektörüne Genel Bakış	8
2.1.1 Elektrik İletim ve Dağıtımı	9
2.1.2 Doğal Gazın İletim ve Dağıtımı	11
2.1.3 Temiz Su İletim ve Dağıtım, Atık Su ve Yağmur Suyu Toplama Tesisleri	12
2.1.4 Elektronik Haberleşme Altyapı Tesisleri	13
2.2 Teknik Altyapı Tesisleri İçin Bütünleşik Coğrafi Veri Yönetim Gereksinimi	14
2.2.1 Altyapı Koordinasyon Merkezleri	16
2.2.2 Altyapı ve Kentsel Dönüşüm Hizmetleri Genel Müdürlüğü	17
2.2.3 Coğrafi Bilgi Sistemleri Genel Müdürlüğü	18
2.3 Farklı Ülkelerde Teknik Altyapı İnşaatlarının Koordinasyonunda Coğrafi Veri Üretim ve Değişimine Yönelik Standart ve Uygulamalar	19
2.3.1 Amerika Birleşik Devletleri	19
2.3.2 İngiltere	20
2.3.3 Malezya	21
2.3.4 Hollanda	21

2.3.5	Fransa	22
2.3.6	Japonya	23
3	TEKNİK ALTYAPI KADASTROSU	25
3.1	Kadastro, Kadastral Sistemler ve Arazi Bilgi Yönetimi	25
3.1.1	Üç Boyutlu Kadastro	27
3.2	Arazi Üzerindeki Mülkiyet Bağlamında Teknik Altyapı Tesisleri	30
3.2.1	Mülkiyet Hakkının Konusu, Sınırları ve Kapsamı	30
3.2.2	Mecralar	31
3.2.3	Üst Hakkı	34
3.2.4	İdari İrtifak	35
3.2.5	Geçiş Hakkı	36
3.3	Teknik Altyapı Tesislerinin Kadastral Sistemde Temsili	37
3.4	Farklı Ülkelerde Teknik Altyapı Kadastroları	38
3.4.1	Hollanda	38
3.4.2	Hırvatistan	40
3.4.3	Sırbistan	41
3.4.4	Slovenya	43
3.4.5	İsviçre	44
3.4.6	Polonya	45
4	TEKNİK ALTYAPI TESİSLERİ VE KADASTRAL SİSTEMLER İÇİN COĞRAFİ VERİ MODELLERİ	47
4.1	Coğrafi Veri Modelleri ve Modellemeye İlişkin Temel Kavram ve Tanımlar	47
4.1.1	Model	47
4.1.2	Metamodel	48
4.1.3	Model Odaklı Mimari	49
4.1.4	Kavramsal Model ve Kavramsal Şema	50
4.1.5	Uygulama Şemaları ve Genel Detay Modeli	51
4.2	Teknik Altyapı Tesislerine Yönelik Uygulama Şemaları	53
4.2.1	INSPIRE Teknik Altyapı Ağları Profili	53
4.2.2	CityGML Teknik Altyapı Ağları Uygulama Uzantısı	55
4.2.3	LandInfra/InfraGML Tesisler	59
4.2.4	OGC Yeraltı Veri Tanımlama ve Entegrasyon Modeli (MUDDI)	61
4.2.5	Kablo ve Boru Hatları Veri Modeli (IMKL)	63
4.2.6	TUCBS Altyapı Ağları Veri Teması	64
4.3	Arazi Bilgi Yönetimine Yönelik Coğrafi Veri Modelleri	67
4.3.1	Arazi Bilgi Yönetimi Alan Modeli	67
4.3.2	LandInfra / Arazi Bölümleri	73

5 DEĞERLENDİRME	77
6 COĞRAFİ VERİ MODELİ	82
6.1 TAVM'de Teknik Altyapı Tesislerinin Fiziksel ve Yasal Bileşenlerin Temsili	84
6.2 Modelin Test Edilmesi	94
6.2.1 Nesne Diyagramları	94
6.2.2 Platforma Bağımlı Şemaların ve Veri Örneklerinin Oluşturulması	96
7 SONUÇ VE ÖNERİLER	99
KAYNAKÇA	101
A VERİ MODELİ UML DİYAGRAMLARI	112
TEZDEN ÜRETİLMİŞ YAYINLAR	115

KISALTMA LİSTESİ

ADE	Uygulama Alan Uzantısı (Application Domain Extension)
AKDGM	Altyapı ve Kentsel Dönüşüm Genel Müdürlüğü
AM/FM	Otomatik Haritalama/Tesis Yönetimi (Automated Mapping / Facility Management)
ASCE	Amerika İnşaat Mühendisleri Derneği (American Society of Civil Engineers)
AYKOME	Altyapı Koordinasyon Merkezi
BTK	Bilgi Teknolojileri İletişim Kurumu
CAD	Bilgisayar Destekli Tasarım (Computer Aided Design)
CBS	Coğrafi Bilgi Sistemi
CVA	Coğrafi Veri Altyapısı
ÇŞB	Çevre ve Şehircilik Bakanlığı
EPDK	Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu
EÜAŞ	Elektrik Üretim Anonim Şirketi
GML	Coğrafi İşaretleme Dili (Geography Markup Language)
ICE	İnşaat Mühendisleri Enstitüsü (Institution of Civil Engineers)
INSPIRE	Avrupa Coğrafi Veri Altyapısı (Infrastructure for Spatial Information in Europe)
ISO	Uluslararası Standardizasyon Kuruluşu (International Organization for Standardization)
İSKİ	İstanbul Su ve Kanalizasyon İdaresi
LADM	Arazi İdaresi Alan Modeli (Land Administration Domain Model)
MDA	Model Odaklı Mimari (Model Driven Architecture)
MUDDI	Yeraltı Veri Tanımlama ve Entegrasyon Modeli (Model for Underground Data Definition and Integration)

OGC	Açık Coğrafi Konsorsiyum (Open Geospatial Consortium)
TAVM	Teknik Altyapı Veri Modeli
TEDAŞ	Türkiye Elektrik Dağıtım Anonim Şirketi
TEİAŞ	Türkiye Elektrik İletim Anonim Şirketi
TEK	Türkiye Elektrik Kurumu
TUCBS	Türkiye Ulusal Coğrafi Bilgi Sistemi
TUCBS-AY	Türkiye Ulusal Coğrafi Bilgi Sistemi Altyapı Veri Teması
TSE	Türk Standardları Enstitüsü
UML	Tümleşik Modelleme Dili (Unified Modeling Language)
UNADE	Teknik Altyapı Ağları Uygulama Alan Uzantısı (Utility Network Application Domain Extension)

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 2.1	Teknik altyapı tesisleri arasındaki karşılıklı ilişkiler	14
Şekil 3.1	Kadastroda 3 boyutlu nesnelerin temsili	28
Şekil 3.2	Teknik altyapı tesislerinin tescil süreci ve ilgili aktörler	40
Şekil 3.3	Kadastral planda teknik altyapı tesislerinin gösterimi	42
Şekil 3.4	Hırvatistan teknik altyapı kadastrosu	42
Şekil 3.5	Slovenya teknik altyapı kadastrosu	46
Şekil 4.1	UML'nin dört katmanlı mimarisi	49
Şekil 4.2	UML sınıf diyagramlarında nesneler arasındaki ilişkilerin gösterimi . .	51
Şekil 4.3	a) INSPIRE Genel Ağ Modeli, b) Teknik Altyapı Ağları Profilinde Ortak Teknik Altyapı Tesisleri	54
Şekil 4.4	INSPIRE Elektrik ve Petrol, Gaz, Kimyasal Ağlar Uygulama Şemalarının Türetilmesi	55
Şekil 4.5	UNADE ağ modeli ve topoloji temsili	56
Şekil 4.6	UNADE modülleri	57
Şekil 4.7	UNADE modelinde ağ bileşen geometrileri	58
Şekil 4.8	LandInfra öz paketi	60
Şekil 4.9	LandInfra Tesis paketi	61
Şekil 4.10	MUDDI Öz Modeli ve Arayüzler. Eflatun renk arayüzleri, diğer renkler öz modele ait sınıfları göstermektedir	62
Şekil 4.11	IMKL UML uygulama şeması	64
Şekil 4.12	TUCBS Elektrik Ağlarında Donatılar	65
Şekil 4.13	LADM'nin temel sınıfları	67
Şekil 4.14	Taraf paketinin içeriği ve temel sınıflarla ilişkisi	68
Şekil 4.15	İdari Paket Sınıfları)	69
Şekil 4.16	Konumsal Birim Paketi Sınıfları	70
Şekil 4.17	LADM Katman Kavramı	71
Şekil 4.18	Bir teknik altyapı ağının mülkiyeti ile üzerinde kurulan ipotekin nesne örneği düzeyinde gösterimi (ISO, 2012)	71
Şekil 4.19	Ölçme ve Temsil Alt Paketi Sınıfları (ISO, 2012)	72
Şekil 4.20	LADM genişletilmiş ölçme paketinin yeni sınıfları	73
Şekil 4.21	LandInfra'da arazi bölümleri	74

Şekil 4.22	LandInfra’da arazi üzerindeki hakların temsili	75
Şekil 4.23	LandInfra’da konumsal birimlerin temsili	76
Şekil 5.1	Yollarda teknik altyapı tesislerinin konumlandırılması	79
Şekil 5.2	Teknik altyapı tesislerine ilişkin yasal ve fiziksel nesnelerin temsili	80
Şekil 6.1	TUCBS-AY’de teknik altyapı tesisleri detay tipleri	83
Şekil 6.2	TAVM’de yasal ve fiziksel nesneler	84
Şekil 6.3	Teknik altyapı ağ elemanı	85
Şekil 6.4	Nesne versiyonu	86
Şekil 6.5	Fiziksel Teknik Altyapı Ağ Bileşenleri	87
Şekil 6.6	Hat setleri - temel sınıflar	88
Şekil 6.7	Hat Setleri	89
Şekil 6.8	Bir elektrik hattının TAVM (solda) ve TUCBS-AY (sağda) modellerinde nesne örneği düzeyinde gösterimi	90
Şekil 6.9	Donatılar	90
Şekil 6.10	Düğüm Noktası Taşıyıcıları	91
Şekil 6.11	Yasal bileşenler	92
Şekil 6.12	Konumsal Birimlerin Sınırları	93
Şekil 6.13	Konumsal Birimlerin Ölçme Kaynakları	94
Şekil 6.14	Yoldan geçen elektrik dağıtım kabloları ile yol üzerinde kurulan irtifak hakkının temsili	95
Şekil 6.15	Boru hattı güzergahında geçici irtifak ve üst hakkı tesisi	96
Şekil 6.16	Parsel üzerinde tescil edilen irtifak hakkı ve ilişkili boru hattının fiziksel bileşeni	97
Şekil 6.17	UML modelinin GML uygulama şemasına ve SQL Veri Tanımlama SQL DDL’e dönüşümünün bir bölümü	97
Şekil 6.18	Şema eşleme	98
Şekil A.1	TAVM UML sınıf diyagramı	113
Şekil A.2	TAVM değer listeleri	114

TABLO LİSTESİ

Tablo 2.1	Teknik altyapı tesislerine ait coğrafi veri sorumluları	19
Tablo 4.1	INSPIRE-UN, TUCBS-AY ve IMKL uygulama şemalarında fiziksel nesnelere ait sınıflar	66
Tablo 5.1	Farklı ülkelerde teknik altyapı kadastroları	78

KENTSEL TEKNİK ALTYAPI TESİSLERİNE İLİŞKİN ULUSAL COĞRAFİ VERİ MODELİ ÖNERİSİ

Azer İLGAR KARA

Harita Mühendisliği Anabilim Dalı

Doktora Tezi

Danışman: Doç. Dr. Volkan ÇAĞDAŞ

Eş-Danışman: Prof. Dr. Mustafa TÜRKER

Bu tez, arazi bilgi yönetimi kapsamında teknik altyapı tesislerine ilişkin yasal, fiziksel ve coğrafi veri yönetimine odaklanmaktadır. Arazi bilgi yönetimi, genellikle tapu sicili, kadastro, adres sicili gibi ulusal sicil veya bilgi sistemleri tarafından sağlanır. Ülkemizde, altyapı tesislerine ilişkin hak ve kısıtlılıklar ile konumlarının kaydedildiği resmi envanterler veya siciller bulunmamaktadır. Teknik altyapı tesislerine ait konumsal veri, veriyi üreten kuruluşlar tarafından yönetilmektedir. Bu verilerin farklı kuruluşlar arasında paylaşımı ve değişimi resmi süreçlere bağlanmamıştır ve standart bir yapıdan yoksundur. Bu nedenle, teknik altyapı tesislerine ait projelendirme, inşaat ve bakım süreçlerinin planlanması ve uygulanmasında koordinasyon sağlanamamakta, ekonomik kayıplar meydana gelmektedir. Bununla beraber, ülkemizdeki kadastral sistem, teknik altyapı tesislerini içermemekte; bu tesisler yalnızca özel mülkiyete konu parsellerin altından veya üzerinden geçirilmesiyle kurulan irtifak hakkı ile temsil edilmektedir. Bu yaklaşım tesislerin konumlarını kaydetmeyi hedeflememektedir. Ayrıca, özellikle kent içlerinde kamunun ortak kullanımına bırakılmış alanları yoğun biçimde kullanan teknik altyapı tesisleri kadastral sistemde temsil edilmemektedir. Geçmişte bu tesislerin de kamu malı sayılması nedeniyle benimsenen bu yaklaşım, günümüzde birçok altyapı faaliyetinin özelleşmesiyle, teknik altyapı tesislerinin kadastral sisteme dahil edilmesini zorunlu kılmıştır. Bu tezde, teknik altyapı tesislerine ait yasal, fiziksel ve coğrafi verilerin farklı kuruluşlar arasında paylaşım süreçlerini iyileştirmeye yönelik bir yaklaşım geliştirilmesi amaçlanmıştır. Bu doğrultuda, teknik altyapı tesislerinin kadastral sisteme dahil edilmesi için bir yaklaşım önerilmekte, teknik altyapı tesislerine ait fiziksel, yasal

ve coğrafi verilerin paylaşımına yönelik coğrafi veri altyapısı bağlamında bir veri değişim modeli sunulmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Teknik altyapı kadastro, coğrafi veri modelleme, teknik altyapı tesisleri, coğrafi veri değişimi, coğrafi veri paylaşımı

ABSTRACT

A National Geographic Data Model Proposal for Urban Utility Networks

Azer İLGAR KARA

Department of Geomatics Engineering

Doctor of Philosophy Thesis

Supervisor: Assoc. Prof. Dr.Volkan ÇAĞDAŞ

Co-supervisor: Prof. Dr. Mustafa TÜRKER

This thesis focuses on the management of legal, physical, and geographical data regarding utility network infrastructures in the context of land information management. Land information management is usually provided by national registers or information systems including land registry, cadastre, and address registry. In Turkey, official inventories and registries related to utility networks are not available. The geospatial information of the utility networks is managed by the utility companies who produce the data. The processes of sharing and exchange of this data between different parties are not officially defined. Hence, coordination among parties cannot be ensured in the project design, planning and implementation of construction and maintenance processes, causing economic losses. Further, the Turkish cadastral system does not include data related to the utility networks, which are represented only by the easements registered on private properties. This approach does not aim to record the locations of facilities. In addition, utility networks that intensively use public spaces (such as roads), especially in urban areas, are not represented in the cadastral system. This practice was adopted because these utilities were also public property. Today, with the privatization of many utilities, the integration of utility networks in the cadastral system is a requirement. This thesis aims to develop an approach to improve legal, physical, and spatial information exchange of utility network data between different parties. Accordingly, the integration of utility networks in the cadastral system is proposed, and a spatial data model is developed in the context of geospatial data infrastructure for physical, legal, and geographical information exchange of utility

networks.

Keywords: Utility cadastre, 3D cadastre, geospatial data modeling, utility networks, geospatial data exchange

Bu çalışma, teknik altyapı tesislerine ait coğrafi veri yönetimini, arazi bilgi yönetimi kapsamında ele almaktadır. İzleyen alt bölümde sunulan literatür özeti teknik altyapı tesislerine ilişkin bütünlük coğrafi veri yönetiminde mevcut durum ile araştırma eğilimlerini ortaya koymaktadır. Tez çalışmasının amacı Bölüm 1.2’de, çalışmanın orijinal katkıları Bölüm 1.3’te sunulmaktadır.

1.1 Literatür Özeti

Teknik altyapı tesisleri, kent yaşamının işleyişi için gereksinim duyulan elektrik, temiz ve atık su, doğal gaz ve haberleşme gibi kamusal hizmetlerle ilişkili ürünlerin taşınması ve kontrol edilmesi için kurulmuş fiziksel yapılardır. Teknik altyapı tesislerine ait coğrafi veriler, tesislerin malzeme, büyüklük, kapasiteleri gibi fiziksel özellikleri ile (yatay ve bazen düşey) konumlarını içerir.

Teknik altyapı hizmetleri; belediyeler, çeşitli kamu kuruluşları veya devlet denetimine tabi özel kuruluşlar tarafından gerçekleştirilmektedir. Teknik altyapı piyasasında özelleştirme ve ayrıştırma uygulamaları, faaliyet gösteren kuruluş sayısını önemli ölçüde artırmıştır. Dahası, bir teknik altyapı hizmetine ait toplama, iletim, dağıtım gibi hizmetlerin her biri farklı kuruluşlar tarafından sunulabilmektedir. Ayrıca, tesislerin sahipleri, kullanıcıları ve işletmecileri birbirlerinden farklı olabilir (olde Scholtenhuis vd., 2016). Birçok teknik altyapı kuruluşu, tesislerin planlanan veya inşa edilen (as build) konumlarını, kağıt paftalar veya AM/FM (Otomatik Harita Üretimi/Tesis Yönetimi) sistemleri dahilinde yönetmektedir. AM/FM sistemleri, sektörlere özgü biçimde; tesis yönetimi, envanter, grafik tasarım ve düzenleme araçları gibi kapsamlı çözümler sunan, CAD (Computer Aided Design) veya CBS (Coğrafi Bilgi Sistemleri) altyapısıyla çalışan yazılım ve sistemlerdir. Teknik altyapı kuruluşları, belediyeler ve diğer kamu kuruluşları genellikle bu sistemlere yatırım yapmakta ve verilerini yazılıma bağımlı veritabanı yapılarıyla organize etmektedirler (Halfawy, 2010; Karataş, 2007). Teknik altyapı kuruluşlarının her biri farklı şema ve formatta coğrafi veri üretmektedir;

diğer bir ifadeyle coğrafi veriler sözdizimsel, şematik ve anlamsal bakımdan homojen bir yapıda değildir (Beck vd., 2008).

Teknik altyapı tesisleri, birbirlerine bağımlı, bir başka ifadeyle birbirleriyle konumsal, fiziksel ve işlevsel bakımdan ilişkili bulunan farklı sektörlerle ait bileşenlerden oluşmaktadır (Islam & Moselhi, 2012; Rinaldi vd., 2001; Yang vd., 2018). Bu nedenle, kimi faaliyet ve süreçler farklı teknik altyapı kuruluşlarının sorumluluğunda olan coğrafi verilere gereksinim duyar ve ilgili kuruluşlar arasında coğrafi veri paylaşımını/değişimini gerektirir. Açık Coğrafi Konsorsiyum (Open Geospatial Consortium - OGC) Yaratıcılık Programı (Innovation Program) kapsamında geliştirilen Yeraltı Yapıları Pilot Projesi (Underground Infrastructure Pilot) ile ilgili “Yeraltı Altyapıları Kapsam Çalışması Mühendislik Raporu”; teknik altyapı tesislerine ait coğrafi veri değişimi ve paylaşımı gerektiren kullanım durumlarını; (1) rutin sokak kazıları, (2) acil durum müdahaleleri, (3) bakım programları, (4) büyük ölçekli inşaat projeleri, (5) afet planlama ve müdahale, (6) akıllı kent programları olarak belirlemiştir (Lieberman & Ryan, 2017). Rutin sokak kazıları için tesislerin 3 boyutlu konumları ile fiziksel özellikleri; bakım programları için bu özelliklere ek olarak kullanım ömürleri, üretim ve yerleştirme ya da devreye alınma, bakım, onarım zamanları gibi zamansal özellikler gereklidir. Acil durum müdahaleleri ve afet planlama (Becker vd., 2012; Semm vd., 2012) ile akıllı kent programları (Al-Hader vd., 2009; Marzouk & Othman, 2020), tüm teknik altyapı tesislerinin karşılıklı bağımlılıklarını topolojik ağ yapısıyla temsil eden bütüncül veri setlerine gereksinim duyar. Büyük ölçekli inşaat mühendisliği projelerinde ise bölgedeki teknik altyapı tesislerine ait kapasite, fiziksel durum gibi bilgiler ile hassas (yatay ve düşey) konumsal veriler gereklidir (Gale & Hammerschmidt, 2015; Jung, 2012; Sterling vd., 2009). Kent ve çevre planlama; afet yönetim ve acil durum müdahale simülasyonları; ulaştırma; teknik altyapı tesislerinin planlanması ve inşası, işletmesi ve bakımı gibi birçok faaliyet teknik altyapı tesislerinin hem yatay hem düşey konum bilgilerine gereksinim duyar (Marean & Gale, 2018).

Kent içlerinde yolların altını yoğun bir biçimde kullanan tesislerin kullanım ömürlerini doldurması, hasar görmesi veya yenilenmesi nedenleriyle yapılacak kazı ve inşaat çalışmalarının kent idareleri ile koordineli biçimde yürütülmesi, kazı ve inşaat süreçlerinde güvenliği sağlar ve ekonomik kayıpları önler (Talmaki vd., 2013). Altyapı kuruluşları ile yerel yönetimler, hem tekrarlı kazı çalışmalarını hem de olası kaza ve maddi hasarları önlemek için çalışma yapılan bölgede mevcut ve planlanan tesislere ait verilere gereksinim duyarlar (Zlatanova vd., 2011). Bu verilerin doğru ve hızlı bir şekilde paylaşımı, mevcut tesislerin onarım, deplase edilme veya yeni tesislerin kurulma süreçlerindeki planlama, projelendirme ve inşaat faaliyetlerinin koordineli bir biçimde yürütülmesini sağlar. Ayrıca, bu verilerin varlığı inşaat çalışmaları ya da afetler nedeniyle tesislerin hasar görmesi sonucunda etkilenecek kullanıcıların, bölgelerin ve

diğer tesislerin tespit edilmesi ve alınması gereken acil müdahale önlemleri için coğrafi analizlerin yapılmasına olanak verir (Becker vd., 2012).

Bu süreçlerde koordinasyonu sağlamak amacıyla Amerika Birleşik Devletleri, Kanada ve Avustralya gibi birçok ülkede eyalet veya kent düzeylerinde çağrı merkezlerine dayalı sistemler (*one-call-systems*) kullanılmaktadır. Bu sistemler, tesis sahibi veya işletmecileri ile tesislerin yakınında kazı yapacak taraflar arasındaki iletişimi sağlamayı; teknik altyapı kuruluşlarına planlanan kazı faaliyetlerini bildirmeyi, kazı yapmayı planlayan kişilere de bölgedeki mevcut tesislerle ilgili bilgi vermeyi hedefler. Örneğin Avustralya'da bazı eyaletlerde, 3 metreden fazla derinlikte kazı yapmayı planlayan kişilerin Kazıdan Önce Ara (*Dial Before You Dig*, DYBD) kuruluşu ile iletişime geçmesi gerekir. Kazı yapacak kimseler, herhangi bir müşteri için kazı yapacak bir inşaat firması, bina temel inşaatı yapacak olan müteahhit, arazi üzerine çit vb. tesisler inşa edecek kırsal arazi sahipleri gibi kişiler olabilir (Hayes & McDermott, 2018). Amerika'da birçok eyalette kullanımı yasa gereği zorunlu olan benzeri merkezler aracılığıyla kazı öncesinde teknik altyapı kuruluşlarının gömülü tesislerini zemin üzerinde işaretlemesi ve/veya (nadiren) altyapı haritalarını paylaşması sağlanır (Quiroga vd., 2012). Teknik altyapı tesislerinin yatay konum ve derinliklerinin bilinmemesi veya mevcut verilerin doğruluklarına ilişkin bilgilerin bulunmaması nedeniyle bu uygulamalar kazı sırasında meydana gelebilecek hasarların önlenmesinde yetersiz kalabilmektedir (Al-Bayati & Panzer, 2019). Ayrıca, kuruluşların mevcut verilerini gizlilik, güvenlik, rekabet vb. nedenlerle gizli tutma eğiliminde olmaları, verilerin şematik ve anlamsal bakımdan heterojen yapıda bulunması, coğrafi verilerin farklı uygulamalarda kullanılmak üzere paylaşılmasını ve bütünleştirilmesini güçleştirmektedir (olde Scholtenhuis vd., 2016). Teknik altyapı tesislerine ait coğrafi verilerin toplanması ve konum doğrulukları/veri kalitesinin raporlanmasında birlik sağlamak üzere; Amerika İnşaat Mühendisleri Birliği (American Society of Civil Engineers) tarafından ASCE, 38-02: Mevcut Yeraltı Teknik Altyapı Verilerinin Toplanması ve Gösterimi için Standart Kılavuzu (ASCE, 2003) yayımlanmış, bu standart temel alınarak İngiltere'de Yeraltı Teknik Altyapılarının Tespiti Şartnamesi (BSI, 2014), Avustralya'da Yeraltı Teknik Altyapı Bilgilerinin Sınıflandırılması (AS, 2013), Kanada'da Yeraltı Teknik Altyapı Tesislerinin Haritalanması (CSA, 2011) standartları yayımlanmıştır. Bu standartlar, veri toplama/ölçme çalışmalarında uygulama birliğinin sağlanmasına, elde edilen konumsal bilgilerin kalite düzeylerine göre sınıflandırılarak güvenilirliklerinin ortaya konmasına yönelik kurallar sunmaktadır.

Uluslararası ve ulusal standardizasyon kuruluşları, teknik altyapı tesislerine ilişkin coğrafi verilerin farklı uygulamalar için kullanımı, taraflar arasında paylaşımı ve değişimi için coğrafi veri modelleri geliştirilmektedir. Standart bir altyapı veri modeli, farklı sektörlerle ait altyapı tesislerinin coğrafi ve coğrafi olmayan özellikleri ile birbirleri

arasındaki ilişkileri içeren bir şema sunarak verilerin değişimi ve temsilde anlamsal ve yapısal bir birlik sağlar. Teknik altyapı verilerinin standartlaştırılması, farklı sistemler arasında birlikte çalışabilirliği geliştirir; kullanıcılara mevcut verileri yeniden kullanma, iş süreçlerini koordine etme ve hayati bilgileri verimli ve etkili bir şekilde paylaşma olanağı sağlar. Bu veri modellerinden, (1) Avrupa Birliği Coğrafi Veri Altyapısı (Infrastructure for Spatial Data Infrastructure in Europe, INSPIRE) Teknik Altyapı Ağları Alt Teması (INSPIRE-UN) (INSPIRE, 2013a), (2) CityGML Altyapı Ağları Uygulama Uzantısı (CityGML UtilityNetwork ADE, UNADE) (Becker vd., 2011; Becker vd., 2013; Kutzner & Kolbe, 2016), (3) Yeraltı Veri Tanımlama ve Entegrasyon Modeli (Model for Underground Data Definition and Integration- MUDDI) (Lieberman & Roensdorf, 2020; Lieberman, 2019) literatürde öne çıkmaktadır. Bu coğrafi veri modelleri, odaklandıkları farklı kullanım durumları ile uygulama gereksinimleri doğrultusunda, farklı yeteneklere, geometrik ve anlamsal içeriklere sahiptir. Örneğin, INSPIRE-UN, çevresel uygulamalar için altı farklı teknik altyapı sektörüne ait fiziksel ve iki boyutlu geometrik bilgileri, ayrı ayrı, topolojik ağ yapısında temsil etmeyi amaçlamaktadır. Bu modeller, Hollanda (van den Brink vd., 2017) ve Fransa'da teknik altyapı kazı çalışmalarının koordinasyonunda coğrafi veri değişimi uygulamalarına temel oluşturmuştur. UNADE ise kapsamlı ağ temsili ve 3 boyutlu kent modelleriyle entegrasyon sağlaması nedeniyle, şebeke analizlerini ve simülasyonları içeren uygulamalara olanak vermektedir. Örneğin, den Duijn vd. (2018), teknik altyapı ağ analizlerinin 3 boyutlu kent modelleri kapsamında gerçekleştirilebileceğini göstermiş; Boates vd. (2018) su dağıtım şebekesine toplam şebeke hacminin hesaplanması ve depolar ile binalar arasında güzergah analizlerini gerçekleştirmiş; Vishnu ve Saran (2018), su dağıtım şebekesi elemanlarının devre dışı kalması halinde etkilenen bölgeleri ve teknik altyapı tesislerinin bulundukları yol alanlarını alanlarını sorgulamıştır. Halen geliştirilmekte olan MUDDI, teknik altyapı verisi gerektiren tüm uygulamalar için bütüncül bir yaklaşım önererek bir veri setinin birden fazla uygulamada kullanımını etkinleştirmeyi hedefleyen bir çerçeve sunmaktadır.

Çeşitli temalara yönelik, farklı kaynaklara ait farklı yapılarıdaki coğrafi bilginin bir arada etkin biçimde kullanma gereksiniminin ve teknolojik gelişmelerin etkisiyle, tüm kamu ve özel sektör kuruluşları ile kullanıcıların gereksinim duyduğu coğrafi verilerin teminini etkin bir biçimde sağlamayı amaçlayan Coğrafi Veri Altyapıları (CVA) kavramı ortaya çıkmıştır (van Loenen, 2009). CVA, çeşitli veri üreticileri tarafından sunulan dağıtık yapıdaki coğrafi veri setlerinin yerel, bölgesel, ulusal ve uluslararası ve küresel düzeylerde ilişkilendirilmesini sağlar. Bu doğrultuda, etkin bir coğrafi veri altyapısının geliştirilmesi için bir ülkedeki temel siciller ile diğer veri setlerinin belirlenmesi ve bunlar arasında kurulacak ilişkinin tanımlanması gerekir (Gózd & van Oosterom, 2016). Temel siciller; kadastro, arazi sicili, nüfus, adres, topografya,

binalar, vergi gibi temel verileri içeren, bu verilerin mevcudiyeti, erişimi, sürekliliği, güncelliği ve kalite bilgisinin devlet güvencesinde olduğu güvenilir ve resmi envanter veya veri tabanlarıdır. Sicilde tutulan veri, yalnızca yetkin kamu idaresi tarafından, yasal denetim altında, önceden belirlenmiş yordamlara uygun olarak bir kez üretilir. Bir temel sicilde tutulan verinin orijinal olması (yalnızca o sicilde düzenlenmesi) ile diğer kuruluş ve kullanıcılarla paylaşılması esastır (Besemer vd., 2006; van der Molen & Welter, 2004). Ülkemizde, teknik altyapı tesisleri için böyle bir sicil bulunmamaktadır. Temel siciller ya da veri setleri, az sayıda ve belirli kuruluşlar tarafından üretilen, görece daha tutarlı veri modellerine sahip, genellikle önceden belirlenmiş protokoller aracılığıyla tüm kullanıcıların erişebildiği sicillerdir. Ülkemizde, teknik altyapı tesisleri için böyle bir sicil bulunmamaktadır. Temel siciller ya da veri setleri, belirli kuruluşlar tarafından üretilen, görece tutarlı veri modellerine sahip, genellikle önceden belirlenmiş protokoller aracılığıyla tüm kullanıcıların erişebildiği envanterlerdir. Bununla beraber, teknik altyapı sektöründe olduğu gibi çok sayıda veri üreticisinin farklı veri yapıları kullanarak ve her birinin kendi işletme çözümlerine odaklanarak ürettiği veri setlerinin tutarsız veri yapıları, gizlilik ve güvenlik vb. gibi nedenler, bu verilerinle entegre edilmesini ve paylaşımını güçleştirmektedir (Mohammadi vd., 2010).

Teknik altyapı tesisleri, yeryüzünün altında, yüzeyinde veya üstünde bulunan ve araziye kalıcı bir biçimde inşa edilmiş, bağlanmış nesnelerdir. Birçok ülkede arazi üzerindeki mülkiyet, altındaki ve üstündeki nesneleri de kapsamaktadır. Bu nedenle, teknik altyapı tesisleri yalnızca özel mülkiyete konu parsellerin altından veya üzerinden geçirilmesi durumunda bu parseller üzerine tesis edilen sınırlı haklarla dolaylı biçimde temsil edilmektedir. Ancak, arazi mülkiyetine, değerine ve kullanımına ilişkin bilgileri saptama, kaydetme ve yayımlama süreci olarak tanımlanan arazi bilgi yönetim sistemleri (UN-FIG, 1999) ve kadastral sistemlerin, arazi üzerindeki tüm yasal durumu temsil etmesi gerekmektedir (Kaufmann & Steudler, 1998). Bu doğrultuda, arazi bilgi yönetimi kapsamında, teknik altyapı tesislere ait yasal durumun belirlenmesi, kaydedilmesi ve fiziksel bilgilerle ilişkilendirilmesi gerekmektedir.

Arazi bilgi yönetimine ilişkin yasal ve coğrafi bilgileri temsil etmek üzere Uluslararası Standardizasyon Kuruluşu (International Organization for Standardization, ISO) tarafından yayımlanan Arazi Bilgi Yönetimi Alan Modeli (Land Administration Domain Model, LADM), arazi üzerindeki yasal durumla ilişkili bulunan ancak kadastral sisteme dahil olmayıp harici sicillerde tutulan fiziksel nesneler (örneğin, bina, teknik altyapı tesisleri vb.) ile kadastro arasında ilişkiyi sağlayan bir modelleme yaklaşımı benimsemiştir (ISO, 2012). Döner vd. (2011), teknik altyapı tesislerinin fiziksel ve konumsal özelliklerinin envanteri için fiziksel tescil; bu tesislerin hak hacimlerinin kadastralardaki temsili için yasal tescil terimlerini kullanmış; fiziksel ve yasal tescilin 3 boyutlu ve zamansal bakımdan ilişkilendirilmesi için LADM'nin sunduğu yapıyı

temel alan kavramsal bir çerçeve önermiştir. Benzer yaklaşımlarla; Gózdź ve van Oosterom (2016), Yan vd. (2019) ile Radulović vd. (2019), sırasıyla, Polonya, Singapur ve Sırbistan'da kurulmuş ya da düzenlenmiş teknik altyapı kadastralarının bu ülkelerdeki kadastral sisteme entegre etmeye yönelik kavramsal coğrafi veri modelleri önermişlerdir.

Ülkemizde, altyapı tesislerine ilişkin hak ve kısıtlılıklar ile altyapı tesislerinin konumlarının kaydedildiği resmi envanter ve siciller bulunmamaktadır. Kadastral sistem teknik altyapı tesislerini içermemekte, bu tesisler, yalnızca özel mülkiyete konu parsellerin altından veya üzerinden geçirilmesiyle kurulan irtifak hakkı ile temsil edilmektedir. Kamunun ortak kullanımına bırakılmış alanlardan geçen teknik altyapı tesisleri ise kadastral sisteme dahil edilmemektedir. Bununla beraber, teknik altyapı kuruluşları tarafından üretilen coğrafi verilerin, coğrafi veri değişimi gerektiren süreçlerde kullanımı etkinleştirilmemiştir.

Teknik altyapı tesislerine ait coğrafi veriler, veriyi üreten teknik altyapı kuruluşları tarafından yönetilmektedir. Bu verilerin farklı kuruluşlar arasında paylaşımı ve değişimi resmi süreçlere bağlanmamıştır. Bu nedenle, bu tesislere ait projelendirme, inşaat ve bakım süreçlerinin planlanması ve uygulanmasında koordinasyon sağlanamamakta, ekonomik kayıplar meydana gelmektedir. Bununla beraber, ülkemizdeki kadastral sistem, teknik altyapı tesislerini içermemekte, bu tesisler yalnızca özel mülkiyete konu parsellerin altından veya üzerinden geçirilmesiyle kurulan irtifak hakkı ile temsil edilmektedir. Bu yaklaşım tesislerin konumlarını kaydetmeyi hedeflememektedir. Ayrıca, özellikle kent içlerinde kamunun ortak kullanımına bırakılmış alanları yoğun biçimde kullanan teknik altyapı tesisleri kadastral sistemde temsil edilmemektedir. Geçmişte bu tesislerin de kamu malı sayılması nedeniyle benimsenen bu yaklaşım, günümüzde birçok altyapı faaliyetinin özelleşmesiyle, teknik altyapı tesislerinin kadastral sisteme dahil edilmesini gerektirmektedir. Böylelikle hem arazi sahiplerinin hem de altyapı sahiplerinin haklarının korunması sağlanabilir.

1.2 Tezin Amacı

Bu tezde, teknik altyapı tesislerine ilişkin yasal, fiziksel ve coğrafi verilerin paylaşım süreçlerini iyileştirmeye yönelik bir veri modeli geliştirilmesi amaçlanmıştır. Bu modelin teknik altyapı sicillerinin kurulmasına temel oluşturacak nitelikte olması hedeflenmektedir. Bu doğrultuda, teknik altyapı tesislerine ilişkin coğrafi verilerin kadastral sistemde temsil edilmesi için ülkemizde kullanılan mevcut hukuki araçlar irdelenecek; teknik altyapı tesislerine yönelik coğrafi veri modelleri analiz edilerek, tasarlanacak veri modelinin yasal ve teknik gereksinimleri belirlenecektir. Tasarlanan

coğrafi veri modelinin farklı kullanım durumlarını temsil etme yeteneği ortaya konacaktır.

1.3 Orijinal Katkı

Teknik altyapı tesislerinin planlanması projelendirilmesi ve inşası süreçleri ile afet ve acil durum yönetimi ve akıllı kent uygulamalarında teknik altyapı tesislerine ilişkin coğrafi verilere gereksinim duyulmaktadır. Bununla beraber, tüm teknik altyapı tesislerine yönelik tanımlamalar içeren, farklı kuruluşlar arasında veri değişimine olanak sağlayacak envanterler veya standart bir coğrafi veri modeli bulunmamaktadır.

Bu çalışmada, tüm teknik altyapı tesislerini, konumsal ve fiziksel özelliklerini temsil eden bir coğrafi veri modeli geliştirilecektir. Geliştirilecek veri modelinin, teknik altyapı kuruluşları arasında veri değişiminin sağlanmasına ve teknik altyapı envanterlerinin kurulmasına temel oluşturması beklenmektedir. Veri modeli, teknik altyapı tesislerine ilişkin hukuki veya kadastral verileri, fiziksel verilerle ilişkilendirecektir. Bu çalışma, arazi bilgi yönetim ilkelerini temel alarak, ülkemizde teknik altyapı tesislerinin kadastral sisteme dahil edilmesi, yasal ve fiziksel bilgilerinin bütüncül biçimde temsil edilmesi için bir yaklaşım önermektedir.

TEKNİK ALTYAPI TESİSLERİNİN KURULUM VE İŞLETİMİNDE COĞRAFİ VERİ YÖNETİMİ

2.1 Teknik Altyapı Sektörüne Genel Bakış

Teknik altyapı tesisleri kent yaşamı için gereksinim duyulan temel kamusal hizmetleri kullanıcılara ileten tesislerdir. Hızlı kentleşmeyle beraber bu hizmetlerin çeşitliliği ve yoğunluğu artmıştır. Literatürde teknik altyapı tesislerine karşılık gelen çeşitli terimler bulunmaktadır. Örneğin Neuman (2006)'e göre bir altyapı (*infrastructure*), bir akışı (ör. su, elektrik, enerji, malzeme, insanlar, dijital sinyal, analog sinyal vb.) kanallar (ör. tüpler, borular, kanallar, yollar, demiryolları, teller, vb.) ya da bir ortam (ör. hava, su) aracılığıyla yönlendiren fiziksel bir ağıdır. Altyapılar; koordinasyon kuruluşlarınca planlanan ve yönetilen standartlaştırılmış (ancak değişken) teknoloji, fiyatlandırma ve denetim aracılığıyla üretici ve hizmet sağlayıcılar ile çok sayıdaki kullanıcıyı bağlayan, kalıcı ağlardan oluşur ve (1) doğal gaz, elektrik, su temin ve kanalizasyon, yağmur suyu yönetimi, atık toplama ve kamusal hizmetler (*utilities*), bayındırlık işleri, (3) sosyal tesisler, (4) elektronik haberleşme, (5) bilgi ağları olarak sınıflandırılabilir (Neuman, 2006, s.9). Cheng vd. (2016)'a göre inşaat mühendisliği altyapıları, ulaştırma, enerji, teknik altyapı (*utility infrastructure*), sosyal tesisler ile çevresel tesisleri içermektedir ve teknik altyapı; elektrik, doğal gaz, su ve kanalizasyon hatlarını içerir. Türk Dil Kurumu (TDK) sözlüğüne göre, altyapı bir yerleşim yeri veya bir yapı için gerekli olan yol, kanalizasyon, su, elektrik vb. tesisatın tümünü ifade eder. Erdin (2001), kentsel altyapıyı "bir yerleşmenin iskâna açılabilmesi ve iskân sonrasında, sağlıklı ve güvenli bir kentsel yaşama ortamının, sağlanabilmesi için gerekli tüm iletim kanalları (yol, içme ve kullanma suyu, kanalizasyon (pis su), yağmur suyu drenajı, katı atık ve çöpler, elektrik, doğalgaz, merkezi ısıtma, telekomünikasyon) ve bunlara ilişkin tesisler" olarak tanımlamaktadır. Karataş (2007) ise, kentsel teknik altyapı tesislerini; yollar, su tesisleri, atık tesisleri, elektrik tesisleri, iletişim tesisleri, doğal gaz, boru hatları, trafik tesisleri, tarihi altyapı tesisleri, yeraltı çarşıları vb. gibi mekanlar ve doğal altyapı tesisleri olarak sınıflandırmıştır.

Mevzuatımızda yer alan tanımlamalarda da terimin adı, kapsamı ve içeriği bakımından bir birlik bulunmamaktadır. Mekansal Planlar Yapım Yönetmeliğinde teknik altyapı alanlar şöyle tanımlanmıştır: "Kamu veya özel sektör tarafından yapılacak elektrik, petrol ve doğalgaz iletim hatları, içme ve kullanma suyu ile yer altı ve yer üstü her türlü arıtma, kanalizasyon, atık işleme tesisleri, trafo, her türlü enerji, ulaştırma, haberleşme gibi servislerin temini için yapılan tesisler ile açık veya kapalı otopark kullanışlarına verilen genel isim". Büyükşehir Belediyeleri Koordinasyon Yönetmeliğinde ise altyapı: "İçme suyu ve kanalizasyon projeleri, elektrik, doğalgaz, telefon, kablolu televizyon bağlantı hatları gibi telekomünikasyon projeleri, hafif raylı toplu taşıma ve metro projeleri, termal ısınma ve enerji besleme projeleri ve benzerleri gibi raylı toplu taşıma sistemleri ile yollar ve kaplamaları" biçiminde tanımlanmaktadır. Türk Standartları Enstitüsü (TSE) tarafından 2016 yılında yayımlanan "Şehir içi yollar - Altyapı tesislerinin planlama ve yerleştirme kuralları" standardında altyapı tesisi; "bir şebeke meydana getirmek üzere, doğrudan toprak altına ve/veya yer altına döşenen boru, büz vb. içine veya yer altına inşa edilen bir kanal veya galeri içine usulüne uygun olarak yerleştirilen temiz su, pis su ve yağmursuyu, gaz, elektrik, merkezi ısıtma, trafik sinyalizasyon ve iletişim tesislerine ait boru, kablo vb.'den oluşan tesis bütünüdür" (TSE, 2016).

Bu tez çalışmasında, kentsel teknik altyapı tesisleri arazi bilgi yönetimi kapsamında ele alınmaktadır. Bu doğrultuda, teknik altyapı tesisleri; kent yaşamının işleyişi için gereksinim duyulan; elektrik, doğal gaz, su ve kanalizasyon ile elektronik haberleşme hizmetlerine ilişkin ürün veya enerjinin dağıtım, iletimi ve denetimi için arazinin altında veya üstünde sabit biçimde kurulmuş fiziksel nesneleri kapsamaktadır. Bu tesisler birleşerek teknik altyapı ağlarını (şebekelerini) oluşturur.

2.1.1 Elektrik İletim ve Dağıtımı

Elektrik enerjisi, üretim (ya da ülkeye giriş) noktasından kullanıcıya bir dizi direk, kule, tel, kablo, transformatör, sigorta gibi tesisler aracılığıyla ulaştırılır. Elektrik iletimi, yüksek gerilimli elektriğin enerji nakil hatları aracılığıyla dağıtım tesislerine ya da bir başka iletim hatlarına nakledilmesidir. Elektrik dağıtım şebekesi, elektrik enerjisinin gerilim seviyesi 36 kV ve altındaki hatlar (alçak gerilim hatları) aracılığıyla nakledilmesini ve kullanıcılara ulaştırılmasını ifade eder.

Türkiye’de elektrik sektöründe ilk kurumsal yapı, Türkiye Elektrik Kurumu’nun (TEK) kurulmasıyla gerçekleşmiş ve 1984 yılına kadar enerji sektörü kamu tekelinde kalmıştır. 1984 yılında, 3096 sayılı Türkiye Elektrik Kurumu Dışındaki Kuruluşların Elektrik Üretimi, İletimi, Dağıtımı Ve Ticareti ile Görevlendirilmesi Hakkında Kanun ile kamu tekeli dışında yapılanma mümkün kılınarak, özel sektörün elektrik üretimi, iletimi, dağıtımı yapabilmesinin önü açılmıştır. 1993 yılında yürürlüğe giren 93/4789 Sayılı

Bakanlar Kurulu Kararı ile TEK, Türkiye Elektrik Üretim İletim A.Ş. (TEAŞ) ve Türkiye Elektrik Dağıtım A.Ş. (TEDAŞ) olmak üzere olarak iki ayrı iktisadi devlet teşekkülü şeklinde yeniden örgütlenmiştir. Bu şekilde üretim ve iletim faaliyetleri ile dağıtım faaliyetleri ayrıştırılmıştır. 2000/1312 Sayılı Bakanlar Kurulu Kararı ile TEAŞ; Türkiye Elektrik İletim A.Ş. (TEİAŞ), Elektrik Üretim A.Ş. (EÜAŞ) ve Türkiye Elektrik Ticaret ve Taahhüt A.Ş. (TETAŞ) olmak üzere üç tüzel kişiliğe ayırmıştır. 2001 yılında 4628 Sayılı Elektrik Piyasası Kanunu yürürlüğe girmiştir. Elektrik Piyasası Kanununa göre, (doğal tekel niteliğindeki) üretim ve dağıtım faaliyetleri özelleştirme yoluyla özel sektöre devredilmekte, iletim faaliyeti de TEİAŞ bünyesinde kalmaktadır. 2013 yılında 6446 Sayılı Elektrik Piyasası Kanunu yürürlüğe girmiştir. Bu kanunla serbestleşen piyasa yapısı içinde düzenleme görevini yapmak üzere Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu (EPDK) kurulmuş, piyasada faaliyet gösterecek aktörlere bu kurumdan lisans alma zorunluluğu getirilmiştir. Tüzel kişilere piyasada faaliyet gösterebilmeleri için EPDK tarafından verilen izni ifade eden lisanslar, en az on, en çok kırkdokuz yıl için verilmektedir.

Ülkemizde elektrik enerjisi iletim faaliyeti, tek yetkili kuruluş olan Türkiye Elektrik İletim Anonim Şirketi (TEİAŞ) tarafından yürütülmektedir. TEİAŞ, 9.06.2001 tarih ve 24447 sayılı Resmi Gazetede yayımlanarak yürürlüğe giren) Ana Statüsü uyarınca, tüzel kişiliğe sahip, özel hukuk hükümlerine tabi, faaliyetlerinde özerk ve sorumluluğu sermayesiyle sınırlı bir iktisadi devlet teşekkülüdür. TEİAŞ tarafından işletilen iletim şebekesi 2019 yılı sonu itibariyle, 70034 km uzunluğunda enerji iletim hattı, 746 trafo merkezi ve komşu ülkelerle olan 12 bağlantı hattını içermektedir (TEİAŞ, 2019).

Kamu mülkiyetindeki elektrik işletmelerinin yeniden yapılandırılarak elektrik dağıtım hizmetlerinin özelleştirilmesine karar verilmiş ve TEDAŞ 02.04.2004 tarih ve 2004/22 sayılı Özelleştirme Yüksek Kurulu Kararı ile özelleştirme programına alınmıştır. Dağıtım bölgeleri yeniden belirlenerek, Türkiye 21 dağıtım bölgesine ayrılmış ve 2013 yılında dağıtım şirketlerine tüm işletme hakkı devir işlemleri tamamlanmıştır. Dağıtım şirketleri, EPDK tarafından verilen dağıtım lisansı kapsamında, belirlenen dağıtım bölgelerinde yer alan iller kapsamındaki elektrik dağıtım şebekesi inşa, bakım ve işletme faaliyetlerini yürütmektedir. Burada, elektrik dağıtım tesislerinin mülkiyetinin TEDAŞ'a, işletme hakkının ise 30 yıllığına verilen lisanslar kapsamında elektrik dağıtım şirketlerine ait olduğu belirtilmelidir. 6446 sayılı Elektrik Piyasası Kanunu'nun 9'uncu maddesine göre, özelleştirme sonrası elektrik dağıtım tesislerinin iyileştirilmesi, güçlendirilmesi ve genişletilmesi için yapılan yatırımların mülkiyeti kamuya ait olmaktadır. Danıştay 1. Daire, 05.03.2004 tarihli ve 2004/17 E., 2004/24 K. sayılı kararında, 4046 sayılı Özelleştirme Uygulamaları Hakkında Kanunun 18 inci maddesi uyarınca TEDAŞ'a ait dağıtım bölgelerinde işletme hakkının verilmesi suretiyle dağıtım hizmeti yapma hakkının özelleştirilmesinin mümkün olduğuna karar verilmiştir. Bu

durumda, dağıtım şirketleri, dağıtım bölgelerindeki tesislerin mülkiyetine değil, işletme hakkına sahip olmaktadır. 2020 yılı sonu itibariyle dağıtım hatlarının uzunluğu 1.204.979 km olup, bunların 967.378 km'sini yer üstü (hava) hatlar, 237.601 km'sini yeraltı hatları oluşturmaktadır (EPDK, 2021).

2.1.2 Doğal Gazın İletim ve Dağıtımı

Doğal gaz, kuyular vasıtasıyla yer altından çıkarılan, genellikle ham petrolün yan ürünü olan bir enerji kaynağıdır. Doğal gazın kaynağından tüketiciye ulaştırılması; işleme, iletim ve dağıtım sürecinde gerçekleştirilir. Doğal gaz, genellikle tüketim bölgelerinden uzak yerlerden çıkarılır, bu nedenle uzun mesafeler boyunca taşınması gerekir. İletim süreci, temizlenen doğalgazın değişik çaplı ve yüksek basınca dayanıklı boru hatları ile şehir giriş istasyonlarına taşınmasıdır. İletim için genellikle çelik boru hatları kullanılır¹. Doğalgaz iletim sistemi, borular, kompresör istasyonları, basınç düşürme ve ölçüm istasyonları ve vana gibi tesislerden oluşmaktadır.

Doğal gazın dağıtımı, şehir girişine kadar iletim boru hatları ile taşınan yüksek basınçlı doğal gazın basıncının düşürülerek kullanıcılara ulaştırılmasıdır. Dağıtım şebekeleri; ana taşıyıcı hatlar, dağıtım hatları ve servis hatları olmak üzere üç ana kısımdan oluşur. Doğal gazı; ana taşıyıcı hatlar, şehir giriş istasyonundan bölge istasyonlarına; dağıtım hatları, bölge istasyonlarından tüketicilere taşır. Servis hatları, dağıtım hatlarını servis regülatörleri (servis kutuları) aracılığıyla binaların iç tesisatına bağlayan bağlantı hatlarıdır.

Doğal gaz sektörüne ilişkin ilk yasal düzenleme 1988 yılında çıkarılan 350 sayılı Kanun Hükmünde Kararnamedir (KHK). Bu KHK ile BOTAŞ, doğal gaz ithalinde yetkilendirilen tek kuruluş olmuştur. 02.01.1990 tarih ve 397 sayılı Doğal Gazın Kullanımı Hakkında KHK ile 350 sayılı KHK yürürlükten kaldırılmış ve doğal gazın (sıvılaştırılmış hali dahil) ithali, satış fiyatının tespiti ve ülke içinde dağıtım yetkisi BOTAŞ'a verilmiştir. Doğal gaz piyasasının düzenlenmesi ve rekabete açılacak şekilde yeniden yapılandırılması süreci 4646 sayılı Doğalgaz Piyasası Kanunu'nun yürürlüğe girmesiyle başlamıştır. Bu yasa, BOTAŞ'ın piyasada tekel konumunda olduğu bir yapı yerine, faaliyetlerin rekabete açıldığı ve piyasa faaliyetlerinin düzenleme ile denetime konu olduğu bir yapıyı oluşturmayı amaçlamıştır (EPDK, 2010).

Doğal gaz iletimi terimi, üretime özgü toplama hatları ve dağıtım şebekeleri dışındaki boru hattı şebekesi veya sıvılaştırılmış doğal gaz (LNG) taşıma araçlarıyla naklini ifade etmektedir. Türkiye'de doğal gazın boru hattı yoluyla iletimini sağlayan ulusal

¹Doğalgaz iletiminin arazi şartları nedeniyle mümkün olmadığı veya çok yüksek maliyet gerektiren bazı durumlarda sıvılaştırılmış doğalgaz (LNG) deniz taşımacılığı tercih edilebilmektedir.

iletim şebekesi BOTAŞ tarafından işletilmektedir. İletim şirketlerince mevcut hatlarla bağlantılı sistem oluşturacak şekilde inşa edilecek iletim amaçlı yeni boru hatları mülkiyeti kendilerine ait olmak üzere yatırım yapan diğer iletim şirketlerince işletilir.

4646 sayılı Doğalgaz Piyasası Kanunu'nun önceki dönemde BOTAŞ, doğal gaz ithalatı, toptan satışı ve iletimi faaliyetleriyle birlikte ayrıca, Bursa ve Eskişehir'deki şehir içi doğal gaz dağıtım faaliyetlerini yürütmüştür. Ankara, İstanbul ve İzmit şehirlerindeki doğal gaz dağıtım faaliyeti ise belediye şirketleri EGO (Başkentgaz), İGDAŞ ve İZGAZ tarafından gerçekleştirilmiştir. 4646 sayılı Kanunun yürürlüğe girmesinden sonra BOTAŞ'ın doğal gaz dağıtım faaliyeti 2004 yılında BURSAGAZ ve ESGAZ'ın özelleştirilmesi ile sona ermiş, yeni oluşturulan dağıtım bölgeleri için özel şirketlere lisanslar verilmiştir. 4646 sayılı Kanun öncesinde faaliyet gösteren dağıtım şirketlerinden İGDAŞ'ın özelleştirme süreci devam etmektedir. EPDK tarafından tüzel kişilere şehir içi doğal gaz dağıtım faaliyetinde bulunabilmeleri için verilen dağıtım lisansları kapsamında, 2019 yılı itibarıyla, 72 dağıtım şirketi, 81 ilde 497 ilçede dağıtım faaliyetlerini gerçekleştirmektedir.

2.1.3 Temiz Su İletim ve Dağıtım, Atık Su ve Yağmur Suyu Toplama Tesisleri

Temiz su iletim ve dağıtımı, suyun yer altı ve yer üstü kaynaklardan sağlanması ve arıtılarak dağıtılmasını ifade eder. İletim tesisleri; su kaynaklarını, arıtma tesislerini rezervuarları ve/veya dağıtım bölgelerini birbirine bağlayan hatları (boruları) içerir. Dağıtım tesisleri ise boruları, su depoları, pompa istasyonları ve diğer malzemelerden oluşan, suyun kullanıcıya ulaştırılması için kullanılan tesislerdir. Atık su toplama ve uzaklaştırma tesisleri, evsel veya endüstriyel atık suların yağmur suyu ile birlikte birleşik ve/veya ayrık sistemde toplanması, uzaklaştırılması ve arıtma tesisleri yardımıyla arıtılarak tekrar doğaya (deniz, dere, akarsu gibi) verilmesine yarayan tesislerdir (Erdin, 2009).

5393 sayılı Belediye Kanununun 14'üncü maddesine göre su ve kanalizasyon hizmetlerini yapmak veya yaptırmak belediyelerin görev ve sorumlulukları arasındadır. 20.11.1981 tarihli ve 17523 sayılı Resmî Gazete'de yayımlanan İstanbul Su ve Kanalizasyon İdaresi Genel Müdürlüğü Kuruluş ve Görevleri Hakkında Kanun ile İstanbul Su ve Kanalizasyon İdaresi (İSKİ) kurulmuş ve "İstanbul Büyük Şehir Belediyesinin su ve kanalizasyon hizmetlerini yürütmek ve bu amaç için gereken her türlü tesis kurmak, kurulu olanları devralmak ve bir elden işletmek" ile görevlendirilmiştir. Kanun'un 2'nci maddesiyle İSKİ; içme, kullanma ve endüstri suyu ihtiyaçlarının kaynaklardan kullanıcılara ulaştırılması ile kullanılmış suların ve yağmur sularının yerleşim yerlerinden uzaklaştırılması ya da arıtılması için kullanılacak tesislerin etüt ve projesini yapmak veya yaptırmak, bu tesisleri kurmak veya kurdurmak,

işletmek, bakım ve onarımını yapmakla görevlendirilmiştir. İSKİ Kanununa 3305 sayılı Kanunla eklenen Ek Madde 5 ve Bakanlar Kurulunun 11/03/1987 tarih ve 87/11594 sayılı Kararı İSKİ Kanunu diğerk büyükşehirlerde de uygulanmasını öngörmektedir. Bu maddenin yürürlüğe girmesiyle, diğerk büyükşehirlerde su ve kanalizasyon idareleri kurulmuştur. Bu idareler, büyükşehir belediyelerine bağı, özel bütçeli ve kamu tüzel kişiliğine sahip kuruluşlardır. Su ve kanalizasyon hizmetleri, büyükşehir olmayan yerlerde belediyelerin; belediye sınırları dışında 5302 sayılı İl Özel İdaresi Kanunu uyarınca, il özel idarelerinin sorumluluğundadır.

2.1.4 Elektronik Haberleşme Altyapı Tesisleri

5809 sayılı Elektronik ve Haberleşme Kanunu elektronik ve haberleşme terimini, "elektriksel işaretlere dönüştürülebilen her türlü işaret, sembol, ses, görüntü ve verinin kablo, telsiz, optik, elektrik, manyetik, elektromanyetik, elektrokimyasal, elektromekanik ve diğerk iletim sistemleri vasıtasıyla iletilmesi, gönderilmesi ve alınması" şeklinde tanımlanmaktadır. Elektronik haberleşme altyapısı terimi ise elektronik haberleşmenin üzerinden veya aracılığıyla gerçekteştirildiğı anahtarlama ekipmanları, donanım ve yazılımlar, terminaller ve hatlar da dâhil olmak üzere her türlü şebeke birimlerini, ilgili tesisleri ve bunların bütünleyici parçalarını ifade eder.

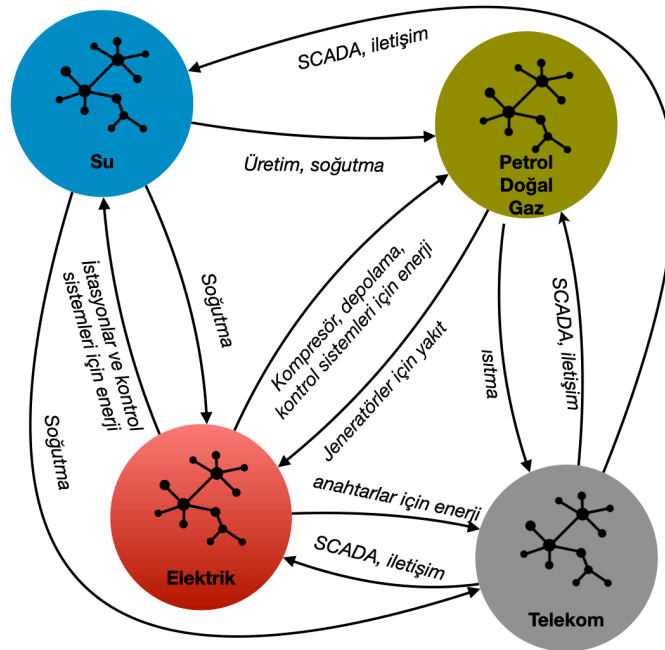
Elektronik haberleşme piyasasının düzenlenmesi ve denetlenmesinden Bilgi Teknolojileri İletişim Kurumu (BTK) sorumludur. Piyasada; uydu haberleşme, uydu platform, altyapı işletmeciliğı, internet servis sağlayıcılığı, kablolu yayın, sabit telefon, mobil telefon, ortak kullanımlı telsiz hizmetlerini yürütmek isteyen şirketler BTK tarafından yetkilendirilerek piyasa faaliyetlerini yerine getirebilirler.

Elektronik haberleşme altyapı işletmecileri, BTK'den alacakları yetkilendirme ile tesislerin kurulması, kurdurulması, kiralanması veya herhangi bir surette temin edilmesiyle bu tesisin diğerk işletmecilerin veya talep eden gerçekte veya tüzel kişilerin kullanımına sunulmasını sağlayabilir. Arazi üzerinde kurulan elektronik haberleşme tesisleri genel olarak, istasyon, direk, kablo, ek odaları (menhol), boru (muhafaza borusu) gibi nesneleri içermektedir (BTK, 2017). Altyapı işletmeciliğıyle yetkilendirilmiş özel hukuk tüzel kişilerinin, tesislerini kurmak için tesis paylaşımına öncelik vermesi zorunlu tutulmuştur. Bu kapsamda, elektronik haberleşme sunumunda kullanılan fiziksel tesislerin, birden fazla işletmeci tarafından ortak kullanımı esastır. Bu kapsamda, yeni tesis kurmak isteyen kişiler, öncelikle bölgede mevcut tesisleri araştırmakla yükümlü tutulmuş, başka kurumlara ait tesislerin mevcut ve kullanılabilir olması halinde bu tesisleri kiralayarak kullanmakla; aksi halde yeni tesis kurmaya yetkili kılınmuştır.

2.2 Teknik Altyapı Tesisleri İçin Bütünleşik Coğrafi Veri Yönetim Gereksinimi

Birçok altyapı kuruluşu, tesislerin planlanan veya inşa edilen konumlarını, kâğıt paftalar veya AM/FM (Otomatik Harita Üretimi/Tesis Yönetimi) sistemleri dahilinde yönetmektedir. AM/FM sistemleri; tesis yönetimi, envanter, grafik tasarım ve düzenleme araçları gibi kapsamlı çözümler sunan CAD veya CBS altyapısıyla çalışan yazılım ve sistemlerdir (Halfawy, 2010). Teknik altyapı kuruluşları, belediyeler ve diğer kamu kuruluşları genellikle bu sistemlere yatırım yapmakta ve yazılıma bağımlı veritabanı yapılarıyla verilerini organize etmektedir. Bu sistemlerde, genellikle tesislerin konumları ve fiziksel özellikleri, bağlılık, akış yönü gibi ağ özellikleri yer alır. Ayrıca, bina, adres, kadastral parsel, işletme bölge sınırları, idari sınırlar, kadastro, müşteri/abone bilgileri gibi harici veri setlerini içerebilir veya bu veri setleriyle ilişkilendirilir. Bu bilgi sistemleri kuruluşların, olası veya mevcut hizmet kesintilerinden etkilenen bölge, adres ve abonelerin belirlenmesi gibi sorgu ve analizlere olanak verir; tesis yönetimine, çeşitli analiz ve raporlamalara temel oluşturur.

Farklı sektörlere ait teknik altyapı tesisleri; (1) işlevsel (ve fiziksel) ve (2) konumsal bakımdan birbirlerine bağlı ya da birbirleriyle ilişkilidir (Şekil 2.1).



Şekil 2.1 Teknik altyapı tesisleri arasındaki karşılıklı ilişkiler (Rinaldi vd. (2001)'den uyarlanmıştır)

Aralarında işlevsel ilişki bulunan tesisler genellikle birbirlerine fiziksel olarak da bağlıdır ve birinin işlevliği diğerinin sağladığı hizmetle ilişkilidir. Bu ilişkiye SCADA sistemlerinde kullanılan elektronik haberleşme altyapısı ve SCADA ile kumanda edilen su, elektrik

veya doğal gaz tesisleri arasındaki ilişki örnek gösterilebilir. Benzer şekilde, elektrik ile çalışan su pompaları veya elektronik haberleşme anahtarları ya da elektrik üreten doğal gaz santralleri farklı teknik altyapı türleri arasında işlevsel ilişkiler barındırır. Bu nedenle, teknik altyapı tesislerin planlanmasında işlevsel bakımdan ilişkili olduğu diğer tesislere ait coğrafi verilere gereksinim duyulur. İçme Ve Kullanma Suyu Temini Ve Dağıtım Sistemleri Hakkında Yönetmelik, içme suyu projelerinde, enerji temininin nasıl yapılacağına detaylandırılması, enerjinin temin şekli ve sisteme uzaklığının belirlenmesi, güzergah özelliklerinin değerlendirilmesi gerektiğini (Ek, mad. 1.2.1), ayrıca etüt raporlarının, mevcut diğer altyapı tesislerinin planlarını içermesi gerektiğini belirtmektedir (Ek, madde 1.2.2). Ayrıca, kent alanlarında, acil durum müdahaleleri ve afet planlama süreçlerinde gereksinim duyulan simülasyon ve analizler, akıllı şebekeler, akıllı kent programları, tüm teknik altyapı tesislerinin entegre biçimde temsil edilmesini gerektirir (Becker vd., 2011) (bkz. Bölüm 4.2.2).

Teknik altyapı tesisleri, hizmetlerini yerleşim yerlerine ve kullanıcılara ulaştırmak için genellikle yolların altını kullanmaktadır. Özellikle kent içlerinde yolların oluşturduğu koridor altında gömülü bulunan tesislerin, birbirlerine paralel biçimde kurulması veya birbirlerinin altından ya da üstünden geçirilmesi gerekmektedir. Bu nedenle birbirleriyle konumsal bakımdan da ilişkilidirler.

Teknik altyapı tesisleri arasındaki konumsal ilişki, yeni tesislerin kurulum ve mevcut tesislerin işletme ve bakım süreçlerinde farklı altyapı kuruluşları arasında coğrafi veri paylaşımını gerektirir. Yeni tesislerin kurulum süreci, etüt/planlama, tasarım/proje/projelendirme ve uygulama/inşaat aşamalarını içermektedir (Erdin, 2009). Teknik altyapı tesisleri aracılığıyla taşınan ürünlerin farklı fiziksel özellikleri, bir başka sektöre ait altyapı tesislerine zarar verebilecek özelliklere sahip olabilmektedir. Bu duruma, doğal gaz dağıtım borularında elektrik ve suyun korozyona yol açması örnek gösterilebilir. Bu durum tesislerin birbirlerine belirli mesafelerde kurulmasını gerektirir ve etüt, planlama ve tasarım süreçlerinde, bölgedeki mevcut teknik altyapı tesislerinin yatay ve düşey konumları ile çap, gerilim, malzeme gibi temel fiziksel özelliklerine ihtiyaç duyulur. Örneğin, yer üstü (hava) elektrik hatları, geçirildiği güzergahta bulunan mevcut elektrik hatlarına, petrol ve doğal gaz boru hatlarına ve haberleşme hatlarına belirli mesafelerde bulunacak biçimde kurulmalıdır. Elektrik Akımlı Tesisler Yönetmeliği ile düzenlenen bu yaklaşma mesafeleri; kurulacak hattın gerilimine, mevcut tesislerle paralel biçimde ya da mevcut tesisleri düşey olarak keserek altından/üzerinden geçirilme durumuna göre değişiklik gösterir. Benzer şekilde, yeraltı elektrik kablolarının izin verilen maksimum gerilim miktarının belirlenmesinde, petrol ve doğal gaz boru hatlarına olan mesafeleri dikkate alınır (madde 46). Bu nedenle, elektrik dağıtım ve iletim tesis işletmecileri yeni yapılacak tesislerin etüt ve planlama süreçlerinde, bölgede bulunan tesislerin hem yatay hem düşey konum bilgilerine

gereksinim duyar.

Yeni altyapı tesislerinin inşası, altyapı bakım programları kapsamında planlanan ya da arıza nedeniyle acil müdahale gerektiren durumlarda sokak kazıları; mevcut tesislere zarar vermemek, olası kazalar dolayısıyla meydana gelebilecek maddi ve manevi hasarları önlemek ve tesislerin güvenli bir biçimde kurulmasını sağlamak için, çalışma yapılan bölgede mevcut ve planlanan tesislere ait konumsal ve fiziksel bilgilere ihtiyaç duymaktadır.

Yağmursuyu Toplama, Depolama Ve Deşarj Sistemleri Hakkında Yönetmeliğin Ek-2 2.1.2'nci maddesine göre: *"Yağmursuyu kanallarının döşenme işlerine başlamadan önce güzergahta yeraltı tesislerinin bulunup bulunmadığı araştırılmalıdır. Bunun için yeraltı tesisi bulunan kurumlardan tesislerin projeleri temin edilmelidir. Şayet bu tesislerin projeleri aplikasyona uygun duruma getirilemez veya hiç proje temin edilememiş ise ilgili kurumun sorumluları ile birlikte tesislerin yer altındaki yerleri ve pozisyonları araştırma kazıları yapmak suretiyle tespit edilmelidir"*. Atıksu Toplama ve Uzaklaştırma Sistemleri Hakkında Yönetmeliğin 15'inci maddesi ile Yağmursuyu Toplama, Depolama Ve Deşarj Sistemleri Hakkında Yönetmeliğin 18'inci maddesi de kazıya başlamadan önce planlanan güzergah üzerinde 20 metre aralıklarla muayene çukurlarının açılması ve mevcut altyapı tesislerinden standartlara uygun mesafede geçecek şekilde güzergah tespitinin yapılması gerektiğini belirtmektedir. Benzer şekilde, Elektronik Haberleşme Kanununun 27'nci maddesine göre, elektronik haberleşme tesislerinin kazı yapılacak güzergahta bulunan diğer teknik altyapı tesislerine zarar vermeyecek şekilde ve mesafede tesis edilmesi gerekmektedir.

Teknik altyapı tesislerinin etüt/planlama, tasarım/proje/projelendirme ve uygulama/inşaat süreçlerinde, kuruluşlar diğer tesislerin yatay ve düşey konumları ile temel özelliklerine gereksinim duymaktadır. Bu verilerin edinimi sektörel mevzuatta, projeyi yürüten teknik altyapı kuruluşlarına bırakılmaktadır.

2.2.1 Altyapı Koordinasyon Merkezleri

5216 sayılı Büyükşehir Belediyesi Kanunu ile Büyükşehir Belediyeleri Koordinasyon Merkezleri Yönetmeliği'ne göre büyükşehir belediyesi olan illerde teknik altyapı faaliyetlerinin koordinasyonu altyapı koordinasyon merkezleri (AYKOME) sorumluluğundadır.

Bazı büyükşehir belediyelerinde, altyapı hizmetlerini etkili ve koordinasyon içinde yürütmek amacıyla AYKOME birimlerine oluşturulan bilgi sistemleri kullanılmaktadır (örneğin, Özdemir vd. [2016], Konya Büyükşehir Belediyesi [2021]). Teknik altyapı

kuruluşları coğrafi verilerini bu birimlerle paylaşmakla yükümlü tutulmuştur. Ancak birçok kuruluştaki sayısal ortamda coğrafi veri bulunmamakta veya kuruluşlar gizlilik ve güvenlik çekinceleri nedeniyle güncel verilerini paylaşmama eğilimi göstermektedir (Yumrutaş, 2014).

Teknik altyapı kuruluşları, il genelinde cadde ve sokaklarda kazı yapmadan önce AYKOME birimlerinden kazı izni (kazı ruhsatı) almalıdır. AYKOME birimlerince yönetilen bilgi sistemleri genellikle kentteki altyapı inşaat faaliyetlerinin organize edilmesini ve kazı izin süreçlerinin izlenmesini amaçlar; bu sistemlerde, teknik altyapı kuruluşlarının genellikle planlanan kazı güzergahları kaydedilir, inşaat sonrası (as built) haritalar aranmaz veya denetlenmez. Örneğin, İstanbul Büyükşehir Belediyesi (İBB) Yol Bakım ve Altyapı Koordinasyon Daire Başkanlığı tarafından verilen kazı ruhsatları için kullanılan Altyapı Bilgi Sistemi altyapı projelerinin tek bir merkezden koordinasyonunu sağlamayı amaçlayan bir portaldır (İBB, 2020). Ayrıca, kazı ruhsat işlemlerinin takip edilmesini, kazı ruhsatına ilişkin hesaplamaların, sorgulamaların ve raporlamaların yapılmasını sağlar (Enönü, 2020). Portalda, İGDAŞ ve İSKİ'den servisler aracılığıyla çekilen bilgiler; BEDAŞ ve AYEDAŞ ile TürkTelekom kurumlarının ise belirli aralıklarla kopyalayarak teslim ettikleri bilgiler yayımlanmaktadır. Böylelikle kazı yapacak kişiler, ruhsat başvurusunu yaparken bu portal üzerinde diğer altyapı tesislerinin yatay konumlarını görerek planlama yapabilmektedir. Ancak bu sistemdeki verilerin doğruluğu ve güncelliğinden İBB sorumlu değildir. Bu nedenle, kazı yapmayı planlayan başvuru sahibi, diğer teknik altyapı kuruluşlarına doğrudan başvurmak durumundadır.

2.2.2 Altyapı ve Kentsel Dönüşüm Hizmetleri Genel Müdürlüğü

644 sayılı Çevre ve Şehircilik Bakanlığının Teşkilat ve Görevleri Hakkında Kanun Hükmünde Kararname'nin 16/5/2012 tarih ve 6306 sayılı Kanun'la değişik 11'inci maddesiyle, "Mahalli idarelerin altyapı sistemleri ile ilgili genel planlama, programlama, fizibilite, projelendirme, işletme, finansman ihtiyacı ve yatırım önceliklerine; teknik altyapı tesislerinin mekansal strateji planları ile çevre düzeni ve imar planlarına uygun olarak planlanmasına, projelendirilmesine ve yapılmasına ilişkin usul ve esaslar ile bu konulardaki her türlü etüt, proje, yapı ruhsatı ve yapı kullanma iznine ilişkin usul ve esasları belirlemek" ve "Teknik altyapı tesisleri ve altyapı birlikleri kurulması konusunda mahallî idareler arasında işbirliği ve koordinasyonu sağlamak, rehberlikte bulunmak ve teknik altyapı tesislerine ilişkin envanteri tutmak" görevi Altyapı ve Kentsel Dönüşüm Hizmetleri Genel Müdürlüğü'ne (AKDHGM) verilmiştir.

16.02.2018 tarihinde, elektrik, doğalgaz ve telekomünikasyon altyapı tesislerinin planlanması, tasarımı ve projelendirilmesi, yapımı, işletilmesinde uygulama

birlikteliğinin sağlanması ve diğer altyapı tesisleri ile koordinasyonuna ilişkin usul ve esasları belirlemek amacıyla "Altyapı Tesislerinin Koordinasyonuna İlişkin Yönetmelik Taslağı" yayımlanmıştır. Taslakta, altyapı kuruluşlarına altyapı bilgi sistemlerini kurma görevi vermektedir. Bilgi sisteminde yer alan detayların; ilişkisel veri modelinde, zamansal şemaya sahip olarak, zemine aplike edildikleri yatay ve düşey konum bilgisini içerecek biçimde kaydedilmesi; güncel tutulması ve altyapı bilgi sisteminin diğer idarelerle web servisleri aracılığıyla paylaşılması gerekmektedir. Ayrıca, teknik altyapı tesislerinin yol en kesitlerindeki konumları belirtilmiştir.

2.2.3 Coğrafi Bilgi Sistemleri Genel Müdürlüğü

1 Sayılı Cumhurbaşkanlığı Kararnamesi ile, "*Ulusal Coğrafi Bilgi Sisteminin kurulmasına, kullanılmasına ve geliştirilmesine dair iş ve işlemleri yapmak ve yaptırmak*" ve "*Coğrafi veri ve bilginin ulusal düzeyde üretimine, kalitesine ve paylaşımına yönelik standartlar ile bunlara ilişkin temel politika ve stratejilerin belirlenmesini sağlamak ve gerekli mevzuatı hazırlamak*" görevleri, Coğrafi Bilgi Sistemleri Genel Müdürlüğü'ne verilmiştir.

07.11.2019 tarihli ve 30941 sayılı Resmî Gazete'de yayımlanan Coğrafi Bilgi Sistemleri Hakkında 49 sayılı Cumhurbaşkanlığı Kararnamesi'nde (49 sayılı Kararname) tanımlanan "*coğrafi bilgi sistemleri hizmet ve uygulamalarına ilişkin tüm faaliyetlerde coğrafi verinin toplanmasında, üretilmesinde, depolanmasında, paylaşımında, kullanımında ve sunumunda ulusal standartlara uyulması*" ilkesi doğrultusunda, Türkiye Ulusal Coğrafi Bilgi Sistemi (TUCBS) kurulma çalışmaları kapsamında 32 veri teması için coğrafi veri tanımlama dokümanları hazırlanmış; Türkiye Coğrafi Bilgi Sistemi Kurulu tarafından onaylanarak 09.07.2020 tarih ve 31180 sayılı (Mükerrer) Resmi Gazete ile 18.09.2020 tarih ve 31248 sayılı (Mükerrer) Resmi Gazete'de yayımlanmıştır. Teknik altyapı tesislerine ait coğrafi verileri kapsayan teknik altyapı ağları veri teması; petrol/gaz/kimyasal, atık su, su, elektronik haberleşme ve termal altyapı tesislerine ilişkin veri tanımlamalarını içermektedir (CBSGM, 2020) (bkz. Bölüm 4.2.6).

49 sayılı Kararnamenin 12'nci maddesi uyarınca, "*sorumlu kurum, Ulusal Coğrafi Veri Sorumluluk Matrisindeki aynı temada coğrafi veri üreten diğer kamu kurum ve kuruluşları ile koordinasyonu sağlar ve coğrafi verinin üretilmesi, güncellenmesi ve paylaşılması için gerekli faaliyetleri yürütür*". Sorumlu kurum, coğrafi veri sorumluluk matrisinde yer alan coğrafi veri temasının üretim, uyumlaştırma, güncelleme, güvenlik ve paylaşımından sorumlu olan ve ilgili temaya ait veriyi üreten diğer kamu kurum ve kuruluşlarıyla gerekli koordinasyonu sağlayan kamu kurum ve kuruluşunu ifade etmektedir (md. 1/j). Buna göre, coğrafi veri üreticisi kurum ve kuruluşlar ürettikleri coğrafi verilerini tanımlama dokümanlarında yer alan standartlara uygun şekilde üretmek ve paylaşmakla yükümlü tutulmuştur.

Ulusal coğrafi veri sorumluluk matrisi, Türkiye Coğrafi Bilgi Sistemi Yürütme Kurulu tarafından hazırlanmış ve Türkiye Coğrafi Bilgi Sistemi Kurulu tarafından onaylanarak 30 Haziran 2020 tarihli ve 31171 Sayılı Resmi Gazetede yayımlanmıştır. Buna göre teknik altyapı tesislerine ait coğrafi veriden sorumlu kuruluşlar Tablo 2.1’de gösterilmektedir.

Tablo 2.1 Teknik altyapı tesislerine ait coğrafi veri sorumluları

Tema	Coğrafi Veri Sorumlusu
Doğal gaz, petrol, kimyasal Elektrik	Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (Bilgi İşlem Daire Başkanlığı)
Su, atık su	Çevre ve Şehircilik Bakanlığı (Yerel Yönetimler Genel Müdürlüğü)
Elektronik Haberleşme	Bilgi ve İletişim Teknolojileri Başkanlığı

2.3 Farklı Ülkelerde Teknik Altyapı İnşaatlarının Koordinasyonunda Coğrafi Veri Üretim ve Değişimine Yönelik Standart ve Uygulamalar

Teknik altyapı tesislerinin planlama, inşaat ve işletme süreçlerinde farklı format ve yapılar, farklı konum doğruluklarına sahip coğrafi veriler üretilmektedir. Bazı ülkelerde kazı süreçlerinde olası altyapı hasarlarını önlemek üzere koordinasyon sağlamayı hedefleyen çağrı merkezlerine dayalı sistemler (*one-call-systems*) bulunmaktadır. Ancak altyapı tesislerinin yatay ve düşey konumlarının bilinmemesi veya mevcut verilerin doğruluklarına ilişkin bilgilerin bulunmaması nedeniyle, bu uygulamalar hasarların önlenmesinde yetersiz kalabilmektedir (Al-Bayati & Panzer, 2019). Birçok ülkede teknik altyapı kuruluşlarında bulunan yeraltı tesislerine ait verilerin doğruluğu ve tamlığı işletme amaçları için yeterli olsa bile, birden fazla tesisi içerecek proje ve inşaatlar için doğrulanmaya muhtaçtır. Ayrıca, bu süreçler, birden fazla tesise ait coğrafi bilgilerin etkin bir biçimde, önceden belirlenmiş esaslara göre paylaşımını gerektirir. Alt bölümlerde, farklı ülkelerde bu coğrafi verilerin üretim ve paylaşım standartları ile yaklaşımları incelenmektedir.

2.3.1 Amerika Birleşik Devletleri

Teknik altyapı tesislerine ait coğrafi veri kalitesini nitelendirmeyi ve mevcut tesisleri etkileyebilecek tüm inşaat faaliyetlerine ilişkin risk yönetimini amaçlayan bir mühendislik uygulaması olarak yeraltı teknik altyapı mühendisliği (*subsurface utility engineering-SUE*) kavramı ortaya çıkmıştır. Jeofizik, harita ve inşaat

mühendisliği uygulamalarını birleştiren bu yaklaşım, mevcut teknik altyapı tesislerinin konumlarının belirlenmesi, coğrafi verilerin önceden belirlenmiş kalite düzeylerine göre sınıflandırılması ve harita ile raporların oluşturulmasını sağlayarak, gereksiz kazıları önlemeyi ve kazı sırasında güvenliği sağlamayı amaçlamaktadır (Zembillas, 2010).

2003 yılında Amerika İnşaat Mühendisleri Derneği (American Society of Civil Engineers-ASCE) tarafından yayımlanan 38-02: Mevcut Yeraltı Teknik Altyapı Verilerinin Toplanması ve Gösterimi için Standart Kılavuzu (Standard Guideline For The Collection and Depiction of Existing Subsurface Utility Data), yeraltı teknik altyapı mühendisliği uygulamasının esaslarını teknik altyapı tesislerine ait coğrafi verilerin kalite düzeylerine göre belirlemiştir (ASCE, 2003). Üretilen altyapı haritalarındaki tesislere ait konum ve öznitelik verilerinin kalitesini tanımlamak konusunda bir birlik sağlamayı hedeflemektedir. Uygun kalite düzeylerinde üretilen altyapı haritaları; teknik altyapı projelendirme koordinasyonu, deplase tasarımı ve koordinasyonu, altyapı durum değerlendirmesi, taraflar arasında veri iletişimi, deplase maliyet kestirimi, altyapı yerleşim ilkelerinin uygulanması ve tasarıma ilişkin risk yönetimi için kullanılmaktadır. Bu kapsamda 4 kalite düzeyi tanımlanmış, bu düzeylerde bilgi elde etmek için kullanılacak yöntemler ile bilgilerin kullanıcılara sunum biçimleri ortaya konmuştur. Amerika'da teknik altyapı mühendisliği uygulaması, proje sahibi kişilerin talebi doğrultusunda özel kuruluşlar tarafından gerçekleştirilir. Altyapı bilgilerinin kalite düzeyi (dolayısıyla belirleme/ölçme yöntemleri) proje gereksinimlerine, kısıtlamalarına ve risk toleransına göre belirlenir.

2.3.2 İngiltere

Yer altındaki teknik altyapı tesislerine ait verilerin elde edilmesi, kaydedilmesi, korunması ve paylaşılmasına ilişkin uygulama esasları; İnşaat Mühendisleri Enstitüsü (Institution of Civil Engineers, ICE) desteğiyle İngiltere Standart Enstitüsü tarafından 31 Mart 2017 tarihinde kamuya açık şartname (Publicly Available Specification -PAS) olarak yayımlanmıştır. (BSI, 2017). PAS 256:2017 numaralı bu şartnamenin amacı, yer altı tesislerine ilişkin verilerin elde edilme ve kaydedilme süreçlerinde doğruluğun iyileştirilmesi ve bu verilerin koordineli bir biçimde paylaşılması için altyapı tesis sahiplerine gereken çerçeveyi sağlamaktır. Yeni tesis edilen, kesin konumu bilinen veya bir kazı çalışması sırasında ortaya çıkan altyapı tesislerine ilişkin verilerin elde edilmesi, kaydedilmesi ve bakımı süreçlerinin geliştirilmesine ve güvenli bir şekilde paylaşılmasına yönelik öneriler sunmaktadır.

İngiltere'de teknik altyapı faaliyetleri sırasında meydana gelen kazalar nedeniyle gömülü teknik altyapı tesislerinde meydana hasarların ve ekonomik kayıpların önlenmesini sağlamak amacıyla devlet tarafından bağımsız Coğrafi Bilgi Komisyonu

(Geospatial Commission) oluşturulmuştur. Bu komisyon, altyapı tesislerine ait mevcut verileri bir araya getirerek tesislerin haritasını oluşturmak ve “ulusal yeraltı tesis sicilini” (National Underground Asset Register - NUAR) kurmayı hedeflediğini duyurmuştur. 2020 yılında Londra ve Kuzey Doğu İngiltere’de başlatılan; veri paylaşım yöntemi, veri paylaşım politikaları ve coğrafi veri modelinin belirlenmesine odaklanan pilot projeler tamamlanmıştır (Geospatial Commission, 2020). Ayrıca, internet üzerinde verinin paylaşımına yönelik bir uygulama geliştirilmiş ve test edilmiştir. Sicilde, gömülü elektrik ve telekomünikasyon kabloları ile doğalgaz ve su borularının konumları kaydedilmektedir.

2.3.3 Malezya

Malezya’da ölçme ve haritacılık faaliyetlerinden sorumlu kurum olan (Jabatan Ukur dan Pemetaan Malaysia, JUPEM), ülkedeki teknik altyapı kuruluşları tarafından sağlanan tüm tesis verilerini derlemek ve yönetmekle görevlendirilmiştir. 2006 yılında, teknik altyapı verilerinin toplanması, işlenmesi ve sunumunda standart yöntemler sunan ve ASCE 38-02 standardı temel alınarak geliştirilen Yeraltı Teknik Altyapı Haritalama için Standart Kılavuz yayımlanmıştır (NMSDC, 2006). Bu kılavuzda tarafların rolleri, teknik altyapı bilgilerinin kalite düzeyleri, verilerin elde edilme yöntemleri ve teknik altyapı haritalarının oluşturulmasına yönelik esaslar belirlenmiştir. Ayrıca, ülkedeki tüm teknik altyapı tesislerinin coğrafi bilgi sistemi dahilinde envanterini tutmak amacıyla tutulan ulusal veri tabanının (Pangkalan Data Pemetaan Utiliti Kebangsaan, PADU) gereksinimleri ortaya konmuştur. Bu veri tabanı, büyük ölçekli topografik harita, kadastral harita, teknik altyapı tesis konumları ve özniteliklerini içermektedir. Temel amacı, JUPEM ve tüm teknik altyapı kuruluşlarından gelen verilerin yer aldığı, güvenilir ve doğru bir veri deposu işlevini gören bir ortam sağlamaktır (Jamil vd., 2015). Teknik altyapı kuruluşları, haritacı/ölçmeciler ve JUPEM arasındaki veri değişiminde ulusal coğrafi veri değişim standardının kullanımı hedeflenmiştir. Teknik altyapı kuruluşlarının yüksek doğruluklu veriyi bu veri setine sunma yasal bir zorunluluk değildir. Bu nedenle, kuruluşlar tarafından genellikle yaklaşık konumları içeren coğrafi bilgileri JUPEM tarafından sahada kontrol edilerek veri tabanına işlenmesi gerekmektedir. Teknik altyapı haritalarının oluşturulması için birincil mevzuatın bulunmaması ve bu kılavuzun yasal bağlayıcılığının olmaması, ulusal veri tabanının oluşturulmasını güçleştirmektedir (Yusoff & Yusof, 2018).

2.3.4 Hollanda

Hollanda’da Kablo ve Boru Hatları Bilgi Merkezi (Kabels en Leidingen Informatie Centrum - KLIC), teknik altyapı kazıları sırasında meydana gelebilecek hasarların

engellenmesi için kuruluşlar arasında çevrim içi veri değişimini sağlamayı amaçlayan bir merkezdir. Bir bölgede kazı yapmayı planlayan kişilerin bu merkeze başvurmaları ve planlanan çalışma bölgesinde faaliyet gösteren teknik altyapı kuruluşlarının coğrafi verilerini merkez aracılığıyla paylaşmaları zorunlu tutulmuştur. KLIC portalı, veri değişiminin vektör formatta ve standart bir şemaya uygun biçimde gerçekleştirilmesini sağlayarak veri değişim sürecinin iyileştirilmesi, hasarların önlenmesi amacıyla 2010 yılında Hollanda ulusal haritacılık ve kadastro kurumu olan Kadaster tarafından geliştirilmiş ve kullanıma açılmıştır. Bir bölgede kazı yapmayı planlayan kişilerin başvurusu üzerine Kadaster ilgili altyapı kuruluşlarından mevcut tesislere ait bilgileri talep eder ve bu bilgileri halihazır haritalar ile birleştirerek başvuru sahibine çevrimiçi olarak iletir. Bu uygulamada teknik altyapı bilgilerinin yönetiminde merkezi (centralized), merkezi olmayan (decentralized) mimarileri içeren karma (hybrid) mimari uygulanmaktadır. Buna göre, teknik altyapı kuruluşları verilerini, Kadaster tarafından sunulan veri merkeziyle senkronize ederek veya servisler aracılığıyla doğrudan KLIC portalına göndererek paylaşmaktadır. Veri paylaşımında, ulusal coğrafi veri standartları kurumu olan Geonovum tarafından geliştirilen Kablo ve Boru Hatları Bilgi Modeli (Informatiemodel Kabels en Leidingen - IMKL) uygulama şeması (van den Brink vd., 2017) kullanılır (bkz. Bölüm 4.2.5). Teknik altyapı kuruluşları tarafından IMKL şemasına uygun olarak üretilen veriler, halihazır haritalarla birlikte KLIC-viewer yazılımı aracılığıyla görüntülenebilmektedir. KLIC, ulusal kadastro kurumu olan Kadaster tarafından işletilmektedir, ancak sistemdeki coğrafi verilerin kadastral sicillerle bir ilişkisinin bulunmadığını belirtmek gerekir.

2.3.5 Fransa

Fransa’da teknik altyapı çalışmaları sırasında, kişilerin ve çevrenin korunması ve teknik altyapı hizmetlerinin kesintisiz biçimde sürdürülebilmesi için, teknik altyapı çalışmalarının koordinasyonuna yönelik Çevre Bakanlığı tarafından bir plan ortaya konmuştur. Hasar önleme reformu veya DT-DICT reformu adı verilen bu plan 2012 yılında yürürlüğe giren kararname ile yasallaşmış, (1) Fransız Ulusal Endüstriyel Çevre ve Riskler Enstitüsü (Institut national de l’environnement industriel et des risques, INERIS) tarafından yönetilen, tek durak noktası (“guichet unique”) adı verilen bir merkez² ile (2) DT – DICT ulusal gözlemevi kurulmuştur^{3,4}.

DT-DICT Gözlemevi, teknik altyapı işletmecileri, kamu ve özel sektörden yüklenici kuruluşlar, işçi sendikalarının temsilcileri, yerel yönetim temsilcileri gibi tarafların yer aldığı bir yönetim kuruluna sahiptir. Ulusal gözlemevi ve yerel şubeleri; proje sahipleri,

²<https://www.reseaux-et-canalisation.ineris.fr/gu-presentation/front/carto.action?basDebit=true>

³<https://www.observatoire-national-dt-dict.fr/>

⁴<https://www.dictservices.fr/infos-dt-dict/procedures/reglementation-dt-dict/>

teknik altyapı sahip ve işletmecileri, inşaat şirketleri, tasarım ofisleri ve Çevre Bakanlığı gibi tarafları bir araya getirerek sahadaki çalışmalarda güvenliğin sağlanmasına yönelik esaslar ve kılavuzlar sunmayı amaçlamaktadır.

Tek durak noktası, ülkede yer alan tüm teknik altyapı tesislerinin yaklaşık konumlarının yer aldığı bir ulusal portaldır. Sahada teknik altyapı çalışması gerçekleştirecek proje sorumluları, bu merkezden çalışma bölgesindeki teknik altyapı sahiplerinin veya işletmecilerini öğrenmek zorundadır. Daha sonra proje sorumlusu, ilgili işletmecilere planlanan çalışmayı DT (Déclaration de projet de Travaux) adı verilen bildirim aracılığıyla duyurmakla yükümlüdür. İşletmeciler de bu bildirime yanıt olarak proje bölgesindeki tesislerinin haritalarını ve tesislerin konum doğruluklarını bildirmelidir. Kararnamede, A (40 cm), B (40 cm - 150 cm) ve C (150 cm üzeri) doğruluk düzeyleri tanımlanmıştır. Çalışma yapılacak bölgedeki tüm teknik altyapı tesis konumlarının 40 cm doğrulukla belirlenmiş olması gerekmektedir. Eğer mevcut veri B veya C düzeyinde ise proje sorumlusunun, yeraltı ölçmelerinde yetkilendirilmiş (lisanslı) ölçmeciler aracılığıyla tesislerin konumlarını 40 cm doğrulukla tespit ettirmesi gerekmektedir. DICT bildiriminin amacı ise, çalışmalara başlamadan şebeke işletmecilerine çalışmaya başlanacağını, uygulanacak teknikleri ve güvenlik tedbirlerini bildirmek ve planlanan çalışmanın hassas konum bilgilerini iletmektir.

DT ve DICT bildirim süreçlerinde coğrafi verinin değişiminde Ulusal Coğrafi Bilgi Konseyi (Conseil National de l'Information Geographique-CNIG) tarafından Star-DT adı verilen bir veri modeli geliştirilmiştir (CNIG, 2019). Bu model, INSPIRE Altyapı Ağları modeli ile Hollanda tarafından kullanılan IMKL modeli, Fransa'daki uygulama gereksinimleri doğrultusunda geliştirilmiştir.

2.3.6 Japonya

Japonya'da Yol Yönetimi Bilgi Merkezi (Road Administration Information Center - ROADIC), doğalgaz borularının hasar görmesi sonucu meydana gelen can ve mal kayıplarına yol açan büyük kazalar sonrasında, 1986 yılında kamu güvenliğini sağlamak ve acil durum müdahale süreçlerini iyileştirmek amacıyla kurulmuş bir kamu tüzel kişiliğidir. Japonya'da 12 kentteki şubeleriyle faaliyet göstermektedir. Bu şubeler, yerel yönetimler ve elektrik, gaz, kanalizasyon, su, metro ve haberleşme gibi teknik altyapı şirketleri ile koordineli bir biçimde çalışmaktadır (Austin vd., 2015).

Yol Yönetimi Bilgi Sistemi (Road Administration Information System - ROADIS) Tokyo Gas doğalgaz şirketi tarafından geliştirilen, tesis yönetimi, afet yönetimi gibi fonksiyonları destekleyen bir altyapı haritalama yazılımıdır. Sistem ve veri yalnızca ROADIC üyesi kuruluşlara açıktır. Teknik altyapı kuruluşları, mevcut yeraltı tesislerine

ait harita ve bilgilere ROADIC şubelerindeki veri tabanları üzerinden ulaşabilmekte; böylelikle yol ve teknik altyapı verisine, yeni yapılacak altyapı tesislerinin planlarına, ayrıca inşaat ve bakım faaliyetlerinin iş programlarına erişebilirler. Veri tabanı, altlık harita ile teknik altyapı tesislerinin fiziksel yapılarına ait veri setlerini içermektedir. Standart veri değişimine olanak vermekle beraber, kazı veya inşaat izinleri de bu sisteme entegre edilmiştir. Tüm üyeler, inşaat öncesi planlarını işe başlamadan önce bu sistem üzerinden onaya sunarlar. Böylelikle, yerel yönetim düzeyinde teknik altyapı kazı ruhsatları merkezi olarak yönetilerek yol ve teknik altyapı inşaat faaliyetlerinin koordinasyonu sağlanmaktadır. Acil olmayan altyapı çalışmalarının önceden planlanması, trafik kesintilerini en aza indirmekte ve yol ve kaldırımların gereksiz yere tahrip edilmemesini sağlamaktadır (Gale & Hammerschmidt, 2015).

Teknik altyapı kadastrosu, tüm teknik altyapı tesislerine ait coğrafi ve coğrafi olmayan veri ve tanımlamaların bütüncül bir biçimde yer aldığı yerel, bölgesel veya ulusal düzeyde tutulan sicil, envanter veya bilgi sistemleridir. Teknik altyapı tesisleri, yeryüzünün altında, yüzeyinde veya üstünde bulunan ve araziye kalıcı bir biçimde inşa edilmiş/bağlanmış nesnelerdir. Bu tesisler, bulundukları arazinin kullanımına olan etkileri nedeniyle kadastral sistemin bir parçası olabilir veya arazi kadastrosundan farklı yasal düzenlemelere sahip olan teknik altyapı kadastroları kapsamında kaydedilebilir. Bu bölümde Türkiye’de teknik altyapı tesislerinin kadastral sistemde temsiline yönelik mevcut durum ortaya konmakta, farklı ülkelerdeki teknik altyapı kadastrosu yaklaşımları irdelenmektedir.

3.1 Kadastro, Kadastral Sistemler ve Arazi Bilgi Yönetimi

Arazi bilgi yönetimi (land administration), mülkiyete, konuma ve değere ilişkin bilgileri saptama kaydetme ve yayımlama süreci olarak tanımlanmaktadır (UN-FIG, 1999). Arazi bilgi yönetimi, yasal, mali, düzenleyici ve bilgi yönetimi olmak üzere dört bileşene sahiptir. Yasal bileşen taşınmazlar üzerindeki hakların tesciline, mali bileşen taşınmazların değerlemesine, düzenleyici bileşen ise taşınmazların kullanımına odaklanır. Bilgi yönetimi bileşeni, tüm sözü edilen fonksiyonları bütünleştirmeyi amaçlayan arazi bilgi sistemlerinin geliştirilmesi ile ilgilidir (Dale & McLaren, 1999).

Arazi bilgi yönetiminin temel fonksiyonu, arazi üzerindeki hakların ve bu haklara ait sınırların resmi bir biçimde kaydedilmesidir. Bu fonksiyonu kadastro ile arazi tescilinin oluşturduğu kadastral sistemler sağlamaktadır. International Federation of Surveyors (1995)’te kadastro, "araziyle ilgili hak, kısıtlama ve sorumlulukların kaydını içeren parsel tabanlı ve güncel bir arazi bilgi sistemi"; arazi tescili ise "araziyle üzerinde yasal olarak tanımlanmış hakların resmi kaydı" olarak tanımlanmıştır. Kadastral sistemde kadastro konuma odaklanırken; arazi tescili yasal bileşen üzerine odaklanmaktadır (Silva & Stubkjær, 2002). Bir başka ifadeyle, arazi üzerinde tanımlanmış haklar resmi

biçimde arazi sicillerine kaydedilirken, bunların konum ve geometrileri kadastroda kaydedilir.

Kadastral sistemler, i) arazi tescili bakımından tapu sicili veya sözleşme tesciline sahip, ii) idari yapılanma bakımından merkezi veya dağıtık, iii) kuruluş amacına göre mali veya yasal, iv) arazi tescili ile kadastro arasındaki ilişki düzeyi bakımından ayrık veya bütünleşik, v) arazi üzerindeki hakların sınırlandırılması ve tanımlanması bakımından genel veya sabit sınırlara sahip, vi) finansman bakımından devlet tarafından finanse edilen veya kendi kendisini finanse edebilen ve vii) tespit ve sınırlandırma süreçleri bakımından sistematik veya zamana bırakılmış olarak sınıflandırılabilir (Bogaerts & Zevenbergen, 2001). Kadastral sistemlerin bu ayırt edici özelliklerine karşın, tüm kadastral sistemlerin temel işlevi, arazi ve kişiler arasında resmi biçimde kurulan ilişkileri, yani hakları, bunların geometrik sınırlarıyla beraber resmi bir biçimde kaydetmek, güncel tutmak ve sunmaktır.

Kadastrolar, genellikle arazi üzerinden vergi toplanması amacıyla kurulmuş ve daha sonra taşınmaz mülkiyetinin güvence altına alınması amacıyla geliştirilmiştir. Günümüzde arazi, nüfus artışı ve arazi kullanımının yoğunlaşması nedeniyle kıt kaynak olarak nitelendirilmektedir. FIG bünyesinde 1994 yılında kurulan çalışma grubunun öncülüğünde, kadastral sistemlerin gelişiminin gelecek 20 yıldaki vizyonunu ortaya koyan Kadastro 2014 belgesi (Kaufmann & Steudler, 1998) yayımlanmıştır. Burada kadastral sistemlerin sürdürülebilir kalkınma hedefleri, araziye ilişkin politikaların üretim ve uygulamalarına yönelik karar verme süreçlerindeki önemi ortaya konmuştur. Bu doğrultuda, (modern) kadastral sistemlerin, arazi üzerinde tescil edilen hak ve kısıtlamalar ile kamu hukuku kısıtlamaları dahil olmak üzere, tüm yasal durumu temsil etme gereksinimi vurgulanmaktadır. Geleneksel kadastroların temelini oluşturan parseller yerine arazi nesnesi (land object) kavramı tanımlanmıştır. Buna göre, parseller yerine arazi nesnelerini temel alan bir yaklaşım benimsenmelidir. Arazi nesnesi, sınırları dahilinde homojen durumların geçerli olduğu arazi parçasıdır. Yasal arazi nesneleri, bir hak veya kısıtlamanın sınırları ve içeriği ile ifade edilir. Buradaki hak ve kısıtlamalar, özel hukuk veya kamu hukukundan kaynaklanmış olabilir. Örneğin, özel mülkiyete konu parseller, idari birim sınırları, koruma alanlarına ait sınırlar, arazi kullanım bölgeleri, yasal arazi nesneleri olarak ifade edilebilir. Yasal arazi nesneleri, düzenleyici çerçevelerine bağlı olarak farklı katmanlarda olacak biçimde kadastral sistemde yer almalıdır. Yasal bağımsızlık ('legal independence') olarak ifade edilen bu ilke, Kadastro 2014'ün uygulanmasının temel bileşenlerindendir.

Ayrıca, bu vizyon belgesinde kadastral harita üretiminin, modern kadastralarda yerini veri modellemeye bırakması öngörülmüştür. Böylelikle, farklı ölçek ve içerikteki bilgiye, uygulama gereksinimleri doğrultusunda erişimin sağlanması ve veri

değişiminin sağlanması ile verinin yayımlanması ve dağıtımında etkinliğin artırılması hedeflenmektedir.

3.1.1 Üç Boyutlu Kadastro

Arazi üzerindeki mülkiyetinin kapsamı, birçok ülkede, üstün arza tabi olması (superficies solo cedit) ve mülkiyetin yerin merkezine ve gökyüzüne kadar uzanması (cuius est solum, est usque ad sidera, usque ad inferos) Latin ilkelerini temel alır (Ploeger & Stoter, 2004). Bunlardan ilki, arazinin altındaki ve üzerindeki her eşyanın, o arazi üzerindeki mülkiyetin kapsamına katıldığını; ikincisi de arazi üzerindeki mülkiyetin, üstündeki hava ve altındaki arz katmanlarını da içerdiğini ifade eder.

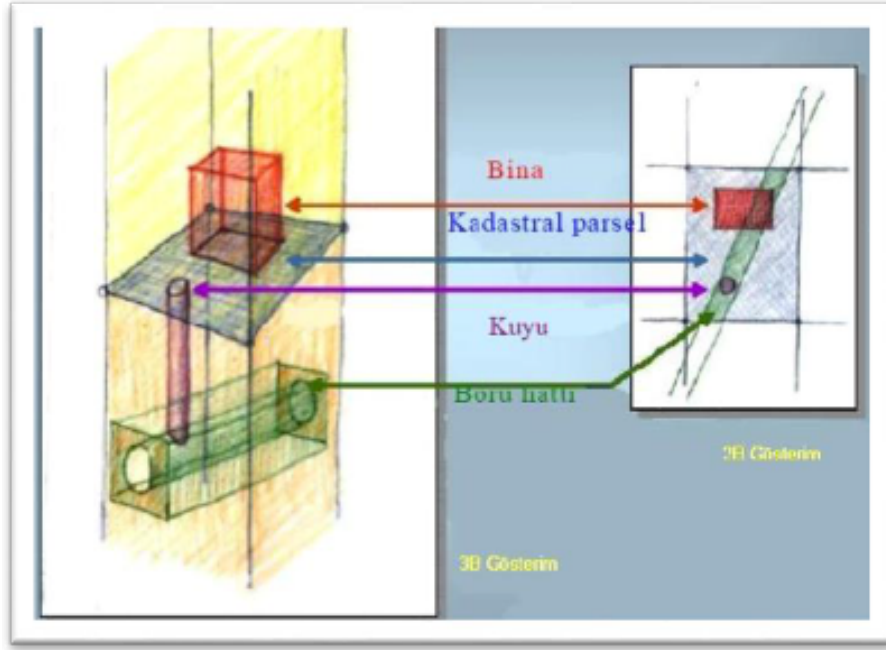
Mülkiyetin yatay sınırı 2 boyutlu parsel ile sınırlandırılırken, düşey sınırı genellikle mevzuatta ile açıkça belirtilmez. Arazinin kullanımı gerçekte 3 boyutlu bir hacmini kapsamaktayken, düşey bileşeni bulunan haklar, 2 boyutlu parseller üzerinde tesis ve tescil edilir. Arazi üzerindeki 3 boyutlu kullanım, 3 boyutlu hakların tescil edilmesiyle resmileşir.

Kadastral sistemlerde, arazi üzerindeki hakların kaydedildiği temel konumsal birim (taşınmaz birimi) parseldir. Arazinin kullanımı gerçekte bir hacmi kapsar ancak, kadastroda iki boyutlu olarak temsil edilir. Bir başka ifadeyle, kadastrolar bir parseli, 2 boyutlu kapalı bir alan olarak, üzerinde tesis edilen 3 boyutlu hakları da bu alan üzerinde, ilgili hak hacminin izdüşümleri biçiminde temsil eder.

Örneğin, kat mülkiyetine konu bağımsız bölümlerin geometrileri kadastroda yer almaz, yalnızca 2 boyutlu geometrisi gösterilir. Gerçekte üç boyutlu olan arzi irtifak (geçit hakkı vb.) veya idari irtifakların izdüşümleri, parsel tabanlı olarak temsil edilir. Mekânın verimli biçimde kullanılması yönünde giderek artan ihtiyaçla beraber, arazinin düşey yöndeki kullanımı artmaktadır. Karayolları ve demiryolları üzerindeki yapılar, tüneller, binalar, yer altı otoparkları ve teknik altyapı tesisleri gibi birbiriyle üst üste konumlandırılan yapılar yoğunlaşmakta; kadastroda bu hakların ve kısıtlamaların iki boyutlu biçimde temsil edilmesi güçleşmektedir (Şekil 3.1).

3 boyutlu kadastroğun temel amacı, taşınmazların yasal durumlarının geometrilerini hem yatay hem de düşey boyutlarıyla temsil etmektir. Bu doğrultuda üç boyutlu kadastro, farklı yöntemlerle sağlanabilir (Stoter, 2004; Stoter & van Oosterom, 2006).

1) Doğrudan 3 boyutlu kadastro yöntemi: 3 boyutlu kadastroğun ideal uygulaması, uzayın, kişilerin üzerinde doğrudan (bağımsız) hak sahibi olabileceği 3 boyutlu hacimlere bölünmesini öngörür. Bu yaklaşımda kadastral sistemin tescil birimi (temel



Şekil 3.1 Kadastroda 3 boyutlu nesnelerin temsili (Ayazlı, 2006)

taşınmaz birimleri), 3 boyutlu parseldir. 3 boyutlu parsel, üzerinde bir veya daha fazla özgün ve homojen hak, kısıtlılık veya sorumluluğun tesis edildiği konumsal birim olarak tanımlanır (van Oosterom, 2013). Aien vd. (2013)'e göre 3 boyutlu parsel, belirli bir hak, kısıtlılık veya sorumluluğu tanımlayan ve temsil eden; yer yüzeyindeki, yerin altındaki veya üstündeki bir hacmi ifade eder. Bu bir bağımsız birimin mülkiyet hakkı veya 3 boyutlu mekânda bir irtifak hakkı olabilir. Kişilerin yeryüzeyindeki parsel sınırlarından bağımsız, doğrudan 3 boyutlu parseller (veya 3 boyutlu taşınmazlar) üzerinde hak sahibi olabileceği bir yaklaşım, mekânın 3 boyutlu parsellere bölünmesiyle beraber, bu parseller arasındaki topolojik ilişkilerin de tanımlanmasını gerektirir (Stoter & Salzmänn, 2003). Yasal ve teknik zorlukları nedeniyle günümüzde uygulanmamakta; işlevselliği bir anlamda kısıtlı olmaktadır.

2) Karma yöntem: Mevcut iki boyutlu kadastroya entegre biçimde üç boyutlu nesnelerin de kaydedilmesine dayanır. Nesnelerin kaydı, hakların düşey boyutuyla ilgili bilgi verir ancak iki boyutlu kadastroda yalnızca gösterim biçiminde kalır ve yasal bağlayıcılığı yoktur. Bir başka ifadeyle, tapu sicilinin eklerinde yer alan belgeler tescile esas oluşturur ve bu belgelerle üretilen tanımlamalar, yalnızca bilgi edinme amaçlıdır. Bu yöntem, kaydedilen/temsil edilen üç boyutlu nesnelerin türlerine göre, iki şekilde uygulanabilir:

i. Hak hacimlerinin kaydedilmesi: Hak hacimlerinin kadastral veritabanında görüntülenmesine ve iki boyutlu kadastral veri ile birlikte sorgulanmasına olanak verir. Burada, temel kayıt nesnesi parseldir dolayısıyla hak hacmi, bir parsel üzerindeki hakkın sınırlarını ifade eder.

Örneğin, bir boru hattı için kurulan üst hakkı, parselin (yer yüzeyinin) altında yer alan bir hacme karşılık gelir. Parsel malikinin parsel sütununu kullanımı, üst hakkının hacmi ölçüsünde sınırlandırılmıştır. Bu yöntemde, parsel malikinin hak hacmi, parsel sütunundan o parsel sütunundaki üst hakkı hacmi çıkarılarak 3 boyutlu biçimde görselleştirilir. Daha sonra, mevcut kadastroda bu hak hacimleri, 2.5 boyutlu biçimde temsil edilebilir. Üst hakkı, parsel üzerinde kuruluşu için, boru hattına ait hak hacmi de parsel sütunu ile sınırlıdır. Aynı boru hattına ait üst hakkı hacimlerinin toplamıyla, tüm boru hattının yasal sınırları sorgulanabilir. Bu sorgu, konumsal olmayıp, öznitelik sorgusu biçimindedir.

Bu yöntemde yalnızca tescil edilmiş olan haklar temsil edilir. Bu nedenle, özellikle boru hattı veya tüneller gibi birden fazla parselin altından/üzerinden geçirilen yapılar, kadastroda bütüncül bir biçimde temsil edilemeyebilir. Ayrıca, bir parsel sütununda farklı derinlik veya yüksekliklerde birden fazla hak hacmi söz konusu olduğunda (örneğin, yüksek gerilim hattı ve metro hattı) bunların sınırları bu yöntem ile doğru ve açık bir biçimde temsil edilemez.

Kadastroda yalnızca tescil edilen sınırlı ayni hakların konumsal bileşenleri yer alır. Bu nedenle, hak hacmi oluşmamışsa, boru hattı kadastroda bütüncül bir biçimde yer almayabilir.

ii. Fiziksel nesnelerin kaydedilmesi: Bina veya altyapı tesisleri gibi nesneler kadastral veri tabanına kaydedilir. Kayıt nesnesi yapının kendisi olduğu için, bu alternatifte, fiziksel nesneleri kapsayan hak hacmi tek bir 3 boyutlu parsel biçiminde tescil edilir. Bu yaklaşım aslında tam 3 boyutlu kadastro yaklaşımına benzemektedir.

Bu yöntem, teknik altyapı tesisleri veya tüneller gibi, genellikle birden fazla parselle kesişen yapıların bütüncül bir biçimde kadastral veri tabanlarında temsil edilmesine olanak verir. Bir fiziksel nesnenin (örneğin, bir boru hattının) tamamının veya onu kapsayan hak hacminin üç boyutlu bir parsel olarak kaydedilmesine dayanır. Bir başka ifadeyle, bir yapının fiziksel sınırları ya da yasal sınırları tek bir parsel olarak kaydedilmektedir. Yapının fiziksel sınırları, onun gerçek dünyada kapsadığı hacmin sınırlarını ifade ederken, yasal sınır daha geniş bir hacmi kapsayabilir. Tesisin altından/üzerinden geçirildiği parseller üzerinde bu tesise ilişkin bir hak tescil edilmese dahi, tüm yapı kadastral veritabanında temsil edilir ve sorgulanabilir. Bir başka ifadeyle, kadastro ile fiziksel nesne arasında yasal bir ilişkinin kurulmasından bağımsız olarak, iki veri seti arasındaki ilişki konumsal sorgular aracılığıyla ortaya konabilir. Fiziksel nesneler kadastroya 1) doğrudan veya 2) coğrafi veri altyapıları aracılığıyla eklenerek görüntülenebilir ve sorgulanabilir. Fiziksel nesnelere ait veri; ilk seçenekte kaynağından kopyalanarak kadastral veri tabanına eklenir, ikinci seçenekte ise orijinal kaynağından yönetilmeye devam eder. Kadastroda kaydedilen taşınmazlarla beraber, 3 boyutlu fiziksel nesneler de tescil edilmektedir. Ancak, fiziksel nesne bir taşınmaz türü olarak

tanımlanmaz, aynı haklar yine parseller üzerinde kurulmaktadır. Fiziksel nesnelerin 3 boyutlu tanımlamalarının kullanılabilmesi için, kadastral haritanın 2.5 boyutlu olması gerekir.

3) Bildirim/belge eklemeli yöntem: Mevcut kadastro korunur; hak ve kısıtlamalar, iki boyutlu parseller üzerinde tanımlanır. Parsel üzerinde düşey bileşene sahip bir hak veya kısıtlama söz konusu olduğunda bunun belirtimi sağlanır. Bu duruma ilişkin çizim, plan vb. belgeler parsellerle ilişkilendirilebilir.

3.2 Arazi Üzerindeki Mülkiyet Bağlamında Teknik Altyapı Tesisleri

3.2.1 Mülkiyet Hakkının Konusu, Sınırları ve Kapsamı

Mülkiyet hakkı, sahibine maliki olduğu nesneyi dilediği gibi kullanma, yararlanma ve tasarrufta bulunma yetkisi vermektedir. Bu yetkiler, Anayasanın 35'inci maddesi uyarınca kamu yararıyla sınırlandırılmaktadır. Taşınmaz mülkiyetine konu olan nesneler, Medeni Kanunun 704'üncü maddesine göre; (1) arazi, (2) tapu kütüğünde ayrı sayfaya kaydedilen bağımsız ve sürekli haklar ile (3) kat mülkiyeti kütüğüne kayıtlı bağımsız bölümlerdir.

Arazi üzerindeki mülkiyetin yatay ve düşey sınırları, Medeni Kanunun 718'inci ve 719'uncu maddelerinde tanımlanmıştır. Medeni Kanunun 719'uncu maddesine göre, "tapu planları ve arz üzerindeki sınır işaretlerine göre belirlenir. Tapu plânları ile arz üzerindeki işaretler birbirini tutmazsa, asıl olan plândaki sınırdır". Taşınmaz mülkiyeti yatay olarak, arazinin sınırları içinde kalan toprak yüzeyinin tamamını kapsar (Oğuzman vd., 2017).

Medeni kanunun 718'inci maddesine göre; arazi üzerindeki mülkiyet kullanılmasında yarar olduğu ölçüde, üstündeki hava ve altındaki arz katmanlarını içermekte olup, bu mülkiyetin kapsamına, yasal sınırlamalar saklı kalmak üzere yapılar, bitkiler ve kaynaklar da girmektedir. Bu hükme göre, mülkiyet hakkı arazi üzerindeki hava boşluğu ile altındaki toprak tabakasını da kapsamakta; ancak bu kapsam, malikin kullanımındaki yarar ölçüsünde sınırlandırmaktadır. Medeni Kanunun 718'inci maddesiyle tanımlanan kullandaki yarar ölçüsünün dışında kalan sahada, malikin taşınmaz üzerinde tasarrufta bulunması imkansızdır. Medeni Kanunun sahipsiz yerler ve yararı kamuya ait malların mülkiyetini düzenleyen 715'inci maddesine göre, bir taşınmazın düşey kapsamı dışında kalan alanlar, devletin hüküm ve tasarrufu altında kabul edilir (Kutlu Gürsel, 2012, s. 83). Malik, mülkiyet hakkını kullanmakta yararlı olacak hava ve toprak sahasını aşan sahada başkalarının tasarrufta bulunmalarına engel olamaz. Burada sınırı belirleyecek ölçü, arazinin niteliğine, malikin kullanım tarzına göre dürüstlük kuralları esas alınarak belirlenir. Örneğin, malik, uçakların yüksekten arazi

üzerinden geçmelerine engel olamaz. Benzer şekilde, yakındaki hava alanına inecek uçakların geçişini güçleştirmek için dikeceği direkler mülkiyet hakkının verdiği yetki içinde sayılmaz. Malikin ileride inşaat yapması ihtimaline dayanarak o an için fayda sağlamadığı arz katmanında, örneğin, metro hattının geçirilmesine engel olmaması gerekir (Oğuzman vd., 2017). Nitekim, Kamulaştırma Kanunu'nun 4'üncü maddesine göre, "maliklerinin mülkiyet hakkının kullanılmasının engellenmemesi, can ve mal güvenliği bakımından gerekli önlemlerin alınması kaydıyla, kamu yararına dayalı olarak taşınmazların üstünde teleferik ve benzeri ulaşım hatları ile her türlü köprü, taşınmazların altında metro ve benzeri raylı taşıma sistemleri ile tünel yapılabilir. Taşınmazların mülkiyet hakkının kullanımının engellenmemesi hâlinde, taşınmazlara ilişkin herhangi bir kamulaştırma yapılmaz." Ancak, arazisi üzerinden bir havai hat geçirilmesine veya arazi yüzeyine yakın bir yerden boru hattı geçirilmesine engel olabilir (Oğuzman vd., 2017). Özetle, arazi üzerindeki mülkiyetin düşey sınırları Medeni Kanun ile açıkça belirtilmemiş olup, duruma özgü biçimde tayin edilmektedir. Bununla beraber, teknik altyapı tesislerinin, malikin yarar sağladığı arz katmanından geçirildiği açıktır.

Medeni Kanun'un 684'üncü maddesine göre, "bir şeye malik olan o şeyin bütünleyici parçalarına da malik olur. Bütünleyici parça, yerel âdetlere göre asıl şeyin temel unsuru olan ve o şey yok edilmedikçe, zarara uğratılmadıkça veya yapısı değiştirilmedikçe ondan ayrılmasına olanak bulunmayan parçadır." Buna göre, kural olarak, araziye malik olan kimse onun altındaki ve üstündeki nesnelere de sahip olmaktadır. Teknik altyapı tesisleri de araziye kalıcı biçimde kurulmuş yapılardır. Anılan genel hukuk kuralının istisnaları, üst hakkı, mecra hakkı ve taşkın yapılardır. Mecraların geçtiği taşınmazlar üzerinde irtifak hakkı kurulma yoluyla bu mecraların, üzerinde bulunduğu taşınmazların mülkiyetine girmemesi sağlanmıştır. Bir başka ifadeyle, teknik altyapı tesislerinin, bulunduğu arazinin mülkiyetine katılmaması için bir irtifak hakkının kurulması gerekir. İrtifak hakkı, Medeni Kanun ile düzenlenen üst hakkı ya da mecra hakkı biçiminde anlaşma ile veya Kamulaştırma Kanunu'na göre kamu gücüyle kurulabilir.

3.2.2 Mecralar

Mecralar, elektrik, gaz, su gibi akıcı şeylerin nakil ve dağıtımına yönelik teknik tesisatı ifade etmektedir (Ayan, 2017, s.101). Başkasının taşınmazından mecra geçirmek isteyen kişi, Medeni Kanun hükümlerine göre bu isteğini iki yoldan sağlayabilir. Bunlardan ilki, 727'nci madde hükümlerine göre ilgili taşınmaz malikiyle anlaşarak "rızaî mecra irtifakı" tesis etme; diğeri ise, anlaşma sağlanmaksızın Medeni Kanun'un 668'inci maddesinde düzenlenen "zorunlu mecra irtifakı tesisi" için dava yoluna

başvurabilmesi halidir. Ayrıca, kamu hukukuna ilişkin kurallar da mecra geçirilmesine esas oluşturabilmektedir. Mecra hakkının konusu, altından veya üzerinden mecra geçirilecek, tapuya kayıtlı olan taşınmazdır. Tapusuz taşınmazlar üzerinde mecra hakkı kurulamaz. Üzerinde kat mülkiyeti tesis edilmiş bir binanın bağımsız bölümleri üzerinde, tapu kütüğüne bağımsız taşınmaz olarak kaydedilmiş bir üst hakkı üzerinde mecra irtifakı tesis edilebilir (Ayan, 2017).

Başka bir taşınmaz üzerinde veya altında kurulan ve bir işletmeden ihtiyaç sahibine yönelen mecraların yasal durumları, Medeni Kanun'un 727'nci maddesiyle düzenlenmektedir (Surlu & Öztürk, 2005). Bu maddeye göre "Su, gaz, elektrik ve benzerlerinin mecraları, işletmenin bulunduğu taşınmazın dışında olsalar bile, aksine bir düzenleme olmadıkça o işletmenin eklentisi ve işletme malikinin malı sayılır. Komşuluk hukukunun gerektirdiği haller dışında bir taşınmazın böyle bir mecra ile aynı hak olarak yüklenmesi, ancak bir irtifak hakkı kurulması suretiyle olabilir. İrtifak hakkı, mecra dışarıdan görülmüyorsa tapu kütüğüne tesciliyle, dışarıdan görölüyorsa noterce düzenlenecek sözleşmeye dayanılarak mecra'nın yapılmasıyla doğar."

Bu maddeye göre, işletme sahibi, mecraların malikidir, yani mecralar geçirildikleri arazi sahibinin değil, ait oldukları kurumun veya kişinin mülkiyetindedir. Mecralar, bir arazinin altından ve üstünden geçen her şeyin o arazinin bütünleyici parçası olması ve bu sıfatla arazi sahibine ait olması kuralının bir istisnasını oluşturur (Surlu & Öztürk, 2005, s. 23). Başkasının taşınmazından mecra geçirilmesine imkan veren bu madde öngördüğü hak sahibine, o taşınmazdan yararlanma yetkisi sağlar ve böylece malikin yararlanma yetkisini mecra geçiren kişi lehine sınırlar. Bu bakımdan mecra hakkı, sahibine, başkasına ait bir taşınmazın altında veya üstünde, elektrik, gaz, su gibi akıcı şeylerin nakil ve dağıtımına yönelik tesisat kurma ve kullanma yetkisi veren aynı bir haktır (Surlu & Öztürk, 2005, s. 23)

Bu maddenin koşulları, (1) Bir işletmeye bağlı olmak, (2) mecra'nın transit mecra olması, (3) işletme dışındaki bir taşınmazdan mecra geçirilmesinin irtifak hakkına veya komşuluk hükümlerine göre elde edilmiş bir hakka dayanması, (4) mecra'nın eklenti ve işletme sahibinin mülkü olamayacağına ilişkin bir hüküm bulunmamasıdır (Surlu & Öztürk, 2005, ss. 174-180):

- Bir işletmeye bağlı olmak: Bu maddede, işletme ile mecra arasında teknik bağıllık aranmaktadır. Burada belirtilen işletme, mecralar için bir ana tesisi ifade etmektedir. Ana tesis, bir taşınmazın bütünleyici parçası veya içinde bulunduğu taşınmazdan bağımsız menkul nitelikte bir şey olması mümkündür. Örneğin, merkezden gelen elektriği şehir akımı için değiştiren bir transformatör ünitesi bir işletmedir.

- Mecranın transit mecra olması: İçinden geçtikleri taşınmazın ihtiyaçlarına değil, taşıma işlevi dolayısıyla çıktıkları işletmenin amacına hizmet eden mecralar transit mecralardır. Mecra, bir taşınmazın üzerinde veya altında, o taşınmazın ihtiyacı için kurulmuşsa, bu tesisler, bütünleyici parça olarak arazi malikine ait olur¹ Teknik altyapı tesislerine yönelik uygulamalarda bu görüşe uygun uygulamaların yapıldığı görülmektedir. Örneğin, Elektrik Piyasası Bağlantı ve Sistem Kullanım Yönetmeliği'nin 10/B maddesinin 12'nci cümlesine göre: "Bağlantı hatlarının ilgili tüketim tesisinin bulunduğu kullanıcı mülkiyetindeki arazi sınırları içinde kalan kısmı için, bu kısımdan söz konusu arazi dışındaki başka bir kullanıcı beslenmediği sürece kamulaştırma işlemi yapılmasına gerek yoktur."
- İşletme dışındaki bir taşınmazdan mecra geçirilmesinin irtifak hakkına veya komşuluk hükümlerine göre elde edilmiş bir hakka dayanması: Mecrayı, içinden çıktığı işletmenin eklentisi haline getirebilmek için bir irtifak hakkının kurulması zorunludur. Mecra irtifakı, hem şahıs (ör: teknik altyapı kuruluğu) hem de taşınmaza (teknik altyapı kuruluşunun mülkiyetinde bulunan işletmeye) bağlı olarak kurulabilir. Tarafların anlaşarak düzenleyecekleri sözleşmenin tapuya tescil edilmesi ile aynı hak kurulmuş olur. Maddenin son fıkrasında belirtilen istisnaya göre, açıktan geçen ve dışardan görülen mecralar için noterde sözleşme düzenlenmesi ve mecra yapılışıyla aynı hak doğar. Burada irtifakın tescil dışı doğmasına ait bir istisna söz konusudur (Oğuzman vd., 2017, s. 797). Bununla beraber, mecra hakkının tescil edilmesi, hak sahibinin hakkının üçüncü kişilere karşı korunması bakımından yararlı olabileceği değerlendirilmektedir (Surlu & Öztürk, 2005, s. 445).

Medeni Kanun'un 744'üncü maddesi, zorunlu mecra irtifakını düzenlemektedir: "Her taşınmaz maliki, uğrayacağı zararın tamamının önceden ödenmesi koşuluyla, su yolu, kurutma kanalı, gaz ve benzerlerine ait boruların, elektrik hat ve kablolarının, başka yerden geçirilmesi olanaksız veya aşırı ölçüde masraflı olduğu takdirde, kendi arazisinin altından veya üstünden geçirilmesine katlanmakla yükümlüdür. Mecra geçirilmesinin kamulaştırma kurallarına bağlı olması hâlinde, bu Kanunun mecralara ilişkin komşuluk hükümleri uygulanmaz. Mecrayı geçirme hakkı, hak sahibinin istemi üzerine ve giderleri ödemesi koşuluyla tapu kütüğüne tescil edilir." Bu hükme göre zorunlu mecra hakkının kurulması için gerekli koşullar şöyle sıralanabilir (Oğuzman vd., 2017, s. 575): (1) Mecra geçirecek kişinin mecra ile iletilecek madde ve enerjiye ihtiyacı olması, bir başka ifadeyle mecra geçirilmesinin zorunlu olması ve (2) Mecranın başka yerden geçirilmesi imkansız ya da aşırı ölçüde fazla masraflı olması

¹Oğuzman vd. (2017, s. 509), maddede yer alan "... mecraları, işletmenin bulunduğu taşınmazın dışında olsalar bile, ..." ifadesindeki bile sözcüğünün fazla ve anlamsız olduğunu belirtmektedir.

ve (3) Mecra geçirecek kişinin, yükümlünün uğrayacağı zararı tamamıyla ve peşin olarak ödemiş olması ve (4) mecranın geçirilmesi gerekliliğinin komşuluk ilişkisine dayanması gerekir. Komşuluk kavramına girmeyen uzaklıktaki bir işletme, su, elektrik ve benzerlerini kendi işletmesine ulaşması amacıyla yapacağı tesisatını geçirmek için bu maddeden yararlanamaz (zorunlu mecra irtifakı koşulları yerine getirilmiş sayılmaz). Bu maddedeki şartların tamamı karşılanınca, ihtiyaç sahibi lehine kanunen bir irtifak hakkı doğar. Bu hak, tescile tabi değildir; ancak hak sahibi isterse hakkını tescil ettirebilir (Oğuzman vd., 2017, ss. 578). Mahkeme, bu şartların gerçekleşip gerçekleşmediğini ve tazminatın miktarını belirler. Mecra geçirilmesi, kamu gücüne dayanarak yapılıyorsa, bu hükümler uygulanmaz; Kamulaştırma Kanunu hükümleri geçerli olur.

3.2.3 Üst Hakkı

Başkasına ait bir taşınmazın altında veya üstünde bir yapı yapma veya var olan bir yapıyı muhafaza ederek ona malik olma yetkisi veren bir irtifak hakkıdır. Buradaki yapı kavramına, bir taşınmazın altında veya üzerinde devamlı kalmak üzere yapılan veya ona teknik araçlarla birleştirilen her çeşit yapı veya tesisat girebileceği gibi, mecralar da bu yapılardan sayılabilir (Ayan, 2017, ss. 87). Bir üst irtifakına dayalı olarak başkasına ait bir arazinin altında veya üstünde sürekli kalmak üzere inşa edilen yapıların mülkiyeti, irtifak hakkı sahibine ait olur. Üst hakkı ile bu yapı arasında sıkı bir bağlantı mevcuttur ve bunlar ayrı tasarruf işlemlerine konu edilemez. Üst hakkının devri, yapı üzerindeki mülkiyetin de devri sonucunu yaratır (Ayan, 2017, ss. 88). Mülkiyet, yapının tümünü kapsar, yapının sadece belli bir bölümü üzerinde üst hakkı kurulamaz.

Medeni Kanun'un 826'ncı maddesi ile üst hakkı, taşınmaz malikine üçüncü kişi lehine arazisinin altında veya üstünde yapı yapmak veya mevcut bir yapıyı muhafaza etmek yetkisi veren bir irtifak hakkı olarak tanımlanmaktadır. Bağımsız ve sürekli nitelikte üst hakkı olarak tapu kütüğüne tescil edilen bir üst hakkı üzerinde rehin hakları ve diğer sınırlı ayni haklar kurulabilmektedir. Üst hakkının sona ermesiyle tapu kütüğünde ilgili sayfa kapatılır; üzerindeki rehin hakları ve diğer sınırlı ayni haklar sona erer, üzerindeki yapılar arazinin bütünleyici parçası olur ve arazi malikine kalır.

Bağımsız ve sürekli nitelikteki üst hakkı, hak sahibinin istemi üzerine tapu kütüğünde taşınmaz olarak kaydedilebilir. Üst hakkının bağımsız ve sürekli nitelikte olması için en az 30 yıllığına kurulmuş olması ve sözleşmede devrine ve kullanımına ilişkin bir kısıtlama getirilmemiş olması gerekmektedir. Bağımsız ve sürekli nitelikli üst hakkı en çok 100 yıllığına kurulabilir, süresinin dörtte üçü dolduktan sonra, kurulması için öngörülen şekle uyularak her zaman en çok yüz yıllık yeni bir süre için uzatılabilir.

Mecra hakkı, sahibine, başkasının taşınmazında mecra kurabilmek amacıyla inşaat yapma ve bu inşaatı koruma yetkisi tanınması bakımından, üst hakkının bir türü olarak görülmektedir (Surlu & Öztürk, 2005, ss. 50). Ancak, bu durum, yalnızca taşınmaza inşa edilen, onunla doğrudan bağlantılı olan ve kalıcı biçimde kurulmuş (ya da kalıcı olması amaçlanan) mecralar için geçerlidir. Taşınmazın üzerinden geçirilen elektrik telleri için kurulmuş bir mecra hakkı Medeni Kanun'un 726 ve 826'ncı maddelerinde düzenlenen anlamda bir üst hakkı niteliğinde değildir (Surlu & Öztürk, 2005, ss. 51).

3.2.4 İdari İrtifak

Anayasanın 35'inci maddesi uyarınca mülkiyet hakkının taşınmaz malikine sağladığı kullanma, yararlanma ve tasarrufta bulunma yetkileri kamu yararıyla sınırlandırılabilir. 2942 sayılı Kamulaştırma Kanunu, kamu yararının gerektirdiği durumlarda gerçek ve özel hukuk tüzel kişilerinin mülkiyetinde bulunan taşınmazların, Devlet ve kamu tüzel kişilerin kamulaştırılmasına yönelik hükümleri düzenlemektedir.

Kamulaştırma Kanunu'na göre teknik altyapı tesislerinin geçirilmesi için gereksinim duyulan, gerçek ve özel hukuk tüzel kişilerinin mülkiyetindeki taşınmazlar kamu yararı amacıyla kamulaştırılabilir. Kanun'un 4'üncü maddesine göre taşınmaz malın mülkiyetinin kamulaştırılması yerine, yeterli olduğu durumlarda taşınmazın belirli kesimi, yüksekliği, derinliği veya kaynak üzerinde kamulaştırma yoluyla irtifak hakkı kurulabilir. Buna göre, kamu yararı amacı ve kamu gücüyle, teknik altyapı tesislerinin özel mülkiyete konu taşınmazların altından veya üzerinden geçirilebilmesi için idari irtifak hakkı (üst hakkı veya mecra hakkı) kurulabilir. Mülkiyet kamulaştırması veya idari irtifak tesisi, sadece gerçek ve özel hukuk tüzel kişilerinin mülkiyetinde bulunan taşınmazlara uygulanabilir. Kamulaştırma Kanunu'nun 30'uncu maddesinde kamu tüzel kişilerinin sahip oldukları taşınmaz, kaynak veya irtifak haklarının diğer bir kamu tüzel kişisi tarafından kamulaştırılamayacağı belirtilmektedir. Bu maddeye göre; taşınmaz, kaynak veya irtifak hakkına ihtiyacı olan idarenin ödeyeceği bedeli de belirterek mal sahibi idareye yazılı olarak başvurması, olumsuz yanıt aldığı anda konunun Danıştay İdari dairesince incelenerek karara bağlanması gerekmektedir.

Elektrik ve doğalgaz iletim faaliyetlerinden sorumlu olan TEİAŞ ve BOTAŞ kamu iktisadi teşebbüsü nitelikleriyle Kamulaştırma Kanunu'na göre işlem yapabilmektedir. 4628 Sayılı Elektrik Piyasası Kanunu, elektrik piyasasında üretim ve/veya dağıtım faaliyetleri için, 4646 sayılı Doğal Gaz Piyasası Kanunu ise doğalgaz piyasasındaki faaliyetlerin gerektirmesi halinde 2942 sayılı Kamulaştırma Kanunu hükümleri doğrultusunda EPDK tarafından kamulaştırma yapılacağını ifade etmektedir. "Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu Tarafından Yürütülen Taşınmaz Temini İşlemlerine İlişkin Usul ve Esaslar", 02 Şubat 2018 tarih ve 30320 sayılı Resmî Gazetede yayımlanmıştır. Özel mülkiyete konu

taşınmazlarda kamulaştırma, Maliye Hazinesinin mülkiyetinde ve/veya devletin hüküm ve tasarrufu altında bulunan taşınmazlarda irtifak hakkı tesisi, kiralama yapılması ve bedelsiz kullanım izni verilmesi, Maliye Hazinesi dışındaki diğer kamu kurum ve kuruluşlarına ait taşınmazlarda mülkiyet devri, yoluyla gerçekleştirilmektedir.

3.2.5 Geçiş Hakkı

Geçiş hakkı, 5.11.2008 tarihli ve 5809 sayılı Elektronik Haberleşme Kanunu ve 2012 tarihli Geçiş Hakkı Yönetmeliği ile düzenlenmektedir. Elektronik Haberleşme Kanununun 22'nci maddesine göre, "...elektronik haberleşme hizmeti vermek amacıyla her türlü elektronik haberleşme altyapısını ve bunların destekleyici ekipmanlarını, kamu ve/veya özel mülkiyete konu taşınmazların altından, üstünden, üzerinden geçirme ve bu altyapıyı kurmak, değiştirmek, sökmek, kontrol, bakım ve onarımlarını sağlamak ve benzeri amaçlarla söz konusu mülkiyet alanlarını bu Kanun hükümleri çerçevesinde kullanma hakkını kapsar".

Elektronik haberleşme işletmecileri ile geçiş hakkı sağlayıcıları arasında yapılan bir sözleşme ile tarafların hak ve yükümlükleri belgelenir. Geçiş hakkı sağlayıcıları, Elektronik Haberleşme Kanununda "Geçiş hakkına konu olan kamuya ait ya da kamunun ortak kullanımında olan taşınmazlar da dahil olmak üzere, taşınmaz sahipleri ve/veya taşınmaz üzerindeki hak sahiplerini" ifade etmektedir (m. 3/ş).

Buna göre, elektronik haberleşme işletmecileri, BTK tarafından geçiş hakkı onayı alarak, kamuya ait veya kamunun ortak kullanımında olan yerlerin ya da özel mülkiyete konu taşınmazların altından, üstünden, üzerinden geçirme ve bu altyapıyı kurmak, değiştirmek, sökmek, kontrol, bakım ve onarımlarını sağlamak için geçiş hakkı sağlayıcılarıyla anlaşmak ve geçiş hakkı bedelini ödemekle yükümlüdür.

Kentlerde kamunun ortak kullanımına bırakılan yol, meydan, park gibi alanlardan geçirilecek elektronik haberleşme hatları için bu anlaşma belediyelerle yapılmaktadır. Belediyeler, geçiş hakkı bedellerinin hesaplanmasına yönelik usul ve esaslar yayımlamaktadır.

BTK tarafından verilen yetkilendirmenin devri kararı üzerine, geçiş hakkı sözleşmesi, sunulan kamu hizmetinin kesintiye uğramaması amacıyla geçiş hakkı sağlayıcısı ile yeni işletmeci arasında aynı koşullarda devam edeceği kabul edilmektedir (Elektronik Haberleşme Kanunu, m. 29). Ancak, özel mülkiyete konu bir taşınmazın el değiştirmesi (veya geçiş hakkı sağlayıcısının değişmesi) durumunda sözleşmenin geçerliliğinin devam edip etmeyeceği konusu belirsizdir. Geçiş hakkı sözleşmesi harici bir protokol niteliğinde olup tapuya şerhi zorunlu değildir bu nedenle elektronik haberleşme

kuruluşlarının hakları üçüncü kişilere karşı korunmaz.

3.3 Teknik Altyapı Tesislerinin Kadastral Sistemde Temsili

27/08/2008 tarih ve 26980 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanarak yürürlüğe giren Tapu Planları Tüzüğü’nün amacı, 1’inci maddesine göre: "Türk Medenî Kanununun, taşınmazların tapu kütüğüne tescili ve sınırlarının belirlenmesinde esas alınmasını öngördüğü tapu plânlarının yapımına ve üzerindeki değişikliklerin izlenmesine ilişkin usul ve esasları belirlemektir." Tüzük’ün 4’üncü maddesine göre "Tapu planları, tapu siciline tescili gereken taşınmazlarla ilgili mülkiyet ve irtifak haklarının sınırlarını, yapıların konumlarını, belirtilmesi gereken diğer teknik hususları gösteren, resmi ölçüme uygun olarak sayısal veya çizgisel şekilde üretilen ... harita ve planlardır."

Kentlerdeki teknik altyapı tesisleri genellikle, tescile tabi olmayan, kamunun ortak kullanımına ayrılmış yolların altından geçirilmektedir. Kadastro Kanunu’nun 16’ncı maddesi özel mülkiyete konu olmayan bu alanların kadastroda yalnızca haritada gösterileceğini belirtmektedir. Bu alanların tescil dışı olmaları nedeniyle irtifak hakkı tesis edilmemektedir. Medeni Kanun’un 999’uncu maddesine göre; özel mülkiyete tâbi olmayan ve kamunun yararlanmasına ayrılan taşınmazlar, bunlara ilişkin tescili gerekli bir aynî hakkın kurulması söz konusu olmadıkça, kütüğe kaydedilmemektedir. Bu madde doğrultusunda, Tapu Planları Tüzüğü’nün 12’nci maddesi de tescile tabi olmayan taşınmazlarda tescili gerektirir bir ayni hak tesis edileceği zaman, taşınmazın niteliğini esas alan ve hakkın kapsadığı kısmı gösteren tescile uygun tapu plânının yapılmasını zorunlu tutmaktadır.

Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü’nün 2019/13 sayılı Talebe Bağlı İşlemler ile Tescile Konu Harita ve Planların Yapımı ve Kontrolü Genelgesine göre:

"Tescil harici taşınmazlar üzerinde irtifak hakkı kurulması, hakkın kapsadığı kısmın tapu planında gösterilmesi ve taşınmazın niteliği esas alınarak tescil edilmesi ile mümkündür. Tescilli haritasına ve fenni belgelerine işlenmesi gereken her türlü irtifak hakları B.Ö.H.H.B.Ü.Yönetmeliği ile 2010/11 nolu genelgenin ilgili hükümlerine uygun olarak ölçülür ve paftasına çizilir."

"İrtifak hakkının yol, meydan gibi tescile tabi olmayan taşınmazlar üzerinden geçmesi durumunda, irtifak hakkı kapsamında kalan kısımlar, yeni ada ve parsel numarası verilip tapu planı düzenlenerek Hazine, belediye veya köy tüzel kişiliği adına mevcut vasfı ile tescil edilmek suretiyle irtifak hakkı tescil edilir. Tescili yapılan bu yerin, irtifak hakkı için tescil edildiği ve başka bir amaçla kullanılamayacağı hususu tapu sicilin beyanlar sütununda belirtilir."

"Tescili gerektiren bir aynı hakkın doğması nedeniyle tapuya kaydedilen taşınmazda, daha sonra amacın ortadan kalktığı ve tescile tabi olmayan bir taşınmaza dönüştüğünün anlaşılması durumunda hazırlanacak tescil bildirimi ile parsel re'sen tapu sicilinden terkin edilir."

3.4 Farklı Ülkelerde Teknik Altyapı Kadastroları

3.4.1 Hollanda

Hollanda Medeni Kanunu'na göre teknik altyapı tesisleri özel mülkiyete konu taşınmaz nesneleridir. Bu düzenleme, Medeni Kanun'un arazi üzerindeki mülkiyetin kapsamını belirten 5:20 maddesine 2007 yılında eklenen fıkra ile yürürlüğe girmiştir². Buna göre başkasının arazisinde, üstünde veya yukarısında yer alan veya kurulacak olan; katı, sıvı veya gaz maddeler ile enerji veya bilginin iletimi için kullanılan bir ya da daha fazla kablo veya borudan oluşan bir ağın mülkiyeti, o ağı meşru bir şekilde kuran kişiye veya onun yasal halefine aittir.

Hollanda Medeni Kanunu'na göre, araziye kalıcı (durably) olarak birleştirilmiş yapı ve tesisler arazinin bütünleyici parçalarıdır ve bu nesneler arazinin malikine ait olur. Bu ilke, düşey katılım (vertical accession) olarak adlandırılmaktadır. Bir nesnenin araziyle kalıcı biçimde bütünleşik olup olmadığı, birçok kez dava konusu olmuştur. Hollanda Yargıtay'ı 1998'de, yerleşimi ve türü bakımından zeminde kalıcı olması amaçlanan nesnelerin taşınmaz olduğuna karar vermiştir. Bu durumda nesnenin araziden kolay taşınabilirliğinin mümkün olup olmaması önem arz etmemektedir.

Teknik altyapı şebekelerinin niteliğinin taşınır veya taşınmaz mal oluşu ile üzerinde gerçek hak sahibi olan kişilerle ilgili belirsizlikler söz konusuysa; Hollanda Yargıtay'ı (Dutch Hoge Raad) 2003 yılında altyapı nesnelerinin devir sürecindeki vergiye ilişkin bir davada, kablo televizyon altyapı ağlarının bağımsız taşınmaz mallar olduğuna hükmetmiştir. Bu hükümden sonra, telekomünikasyon altyapılarına dair yasal düzenleme, başkalarının arazisi altından geçen kabloların mülkiyetini telekomünikasyon şirketine vererek düşey katılım prensibine bir istisna getirmiştir. Yargıtay kararının belirli bir olaya (telekomünikasyon ağlarına) özgü istisna getirmesi, ağlar üzerindeki mülkiyet durumuyla ilgili belirsizliğin giderilmesini engelleyememiştir. Medeni Kanun'da değişikliğe gidilmesinin nedeni, daha genel bir düzenlemeye ihtiyaç duyulmuş olmasıdır. Yapılan değişiklikle (5:20. Madde), altyapı ağlarını düşey katılım prensibinin dışında bırakılarak ve mülkiyete konu taşınmaz olarak tanımlanmıştır (Janssen, 2010).

²<http://www.dutchcivillaw.com/civilcodebook055.htm>

Yasa değişikliği, dūřey katılımıla yatırımlarının değerlerinin dūřmesi tehlikesini gōze almış olan enerji üreticileri ile telekomünikasyon, kablolu TV vb. şirketlerinin menfaatlerini korumayı amaçlamaktadır. Deęiřiklik bu katılımın önüne geçmekte ve ağların mülkiyet bütünlüğünü sağlayarak, ağın kurucusuna ağları devretme ve ağlar üzerlerinde sınırlı haklar tesis etme yetkisini vermektedir (Salomons, 2011, s. 106).

Yeni yasal düzenlemede, teknik altyapı ağları üzerindeki mülkiyete ilişkin iki önemli kavram bulunmaktadır: Bunlardan ilki ağ, ikincisi ağın yetkili kurucusu kavramlarıdır (Janssen, 2010):

- **Ağ:** Mevzuatta ağ kavramı tanımlanmamıştır. Bu nedenle, ağın kapsamı (neyin ağ olarak tanımlanacağı) sektörel mevzuattaki hukuki tanımlara göre, eğer bu tanımlamalar yetersizse genel görüşe göre yapılmaktadır.
- **Yetkili kurucu:** Bir ağın mülkiyetini kazanmak için, kurucunun o ağı yasal olarak kurmuş olması, bir başka deyişle o ağı kurmaya yetkili olması gerekir. Bu yetki özel hukuktan üst hakkı veya anlaşmalarla ya da kamu hukukundan alınmış olabilir (Janssen 2010).

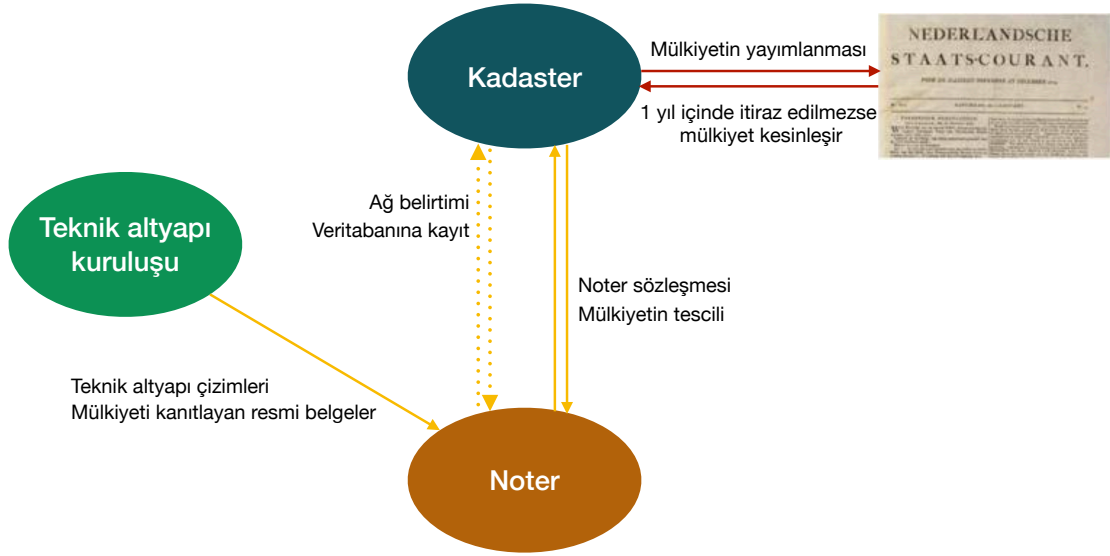
Teknik altyapı ağlarının tescili zorunlu tutulmamaktadır; ancak ağların veya bir bölümlerinin devri veya üzerinde ipotek kurulabilmesi için tescil edilmesi gerekmektedir.

3.4.1.1 Tescil Süreci

Tescil sürecinde yer alan aktörler; teknik altyapı kuruluşu, noter ve Kadaster kurumudur (şekil 3.2).

Tescil işlemi, 1) Ağın tanımlanması, 2) Ağın tescili olmak üzere iki aşamada geręekleřtirilmektedir.

Ağın Tanımlanması: İlk aşamada kadastral veri tabanında ağa bir tanımlayıcı atanır. Kadastral tanımlayıcı, yalnızca bağımsız ve işlevsel birimlere verilmektedir. Ağın temsili için kullanılacak tanımlayıcı, ağın yer aldığı bölgenin adı, ağın türünü temsil eden bir harf (T:telekom, G:doğalgaz, E:elektrik, O:petrol, W:su, D:çeşitli) ve sıra numarasından oluşur. Örneğin, ilk tescil edilen telekomünikasyon şebekesinin kadastral tanımlayıcısı Rotterdam T1'dir. Elektrik ağları için, gerilim türü (yüksek, orta veya alçak gerilim) de belirtilmektedir. Ağın birden fazla bölgeden geçmesi durumunda, ilgili ağ her bölge için ayrı ayrı tanımlanmakta; ağa birden fazla tanımlayıcı atanmaktadır. Altyapı kuruluşu, ağın konumunu gösteren planları hazırlar veya hazırlatır ve sayısal formatta Kadaster kurumuna teslim eder. Ağlar, kadastral planlar üzerinde 2 boyutlu biçimde,



Şekil 3.2 Teknik altyapı tesislerinin tescil süreci ve ilgili aktörler (Kadaster, 2012)

orta çizgileriyle gösterilmektedir. Noter senedi düzenlenmeden önce, çizimler kadastro tarafından kontrol edilir (Roes, 2010).

Ağın tescili: Mülkiyetin kazanımı için ilgili kişinin veya kuruluşun; ağın kurucusu olduğunu sözleşmeler, fatura, inşaat/kazı izni vb. belgelerle kanıtlaması veya 20 yıldır o şebekeyi işlettiğini kanıtlaması gerekir. Mülkiyetin tespitine esas belgeler ve ağın yaklaşık konumunu gösteren çizimlerle ilgili kişi şebeke üzerindeki mülkiyetini noterde tescil ettirir. Noter, mülkiyetin tespiti amacıyla başvuran kişinin iddiasının meşruluğunu tespitle yükümlüdür. Noter mülkiyeti ilgili kişi tarafından sağlanan belgelerle veya diğer araştırmalarla tespit eder. Daha sonra Kadaster kurumundan aldığı tesise ait tanımlayıcı numara ve ağın konumunu gösteren çizim eki ile birlikte sözleşme düzenler ve bu sözleşme tescil edilir. Bu aşamadaki tescil geçici niteliktedir. Tescil, Hollanda Resmi Gazetesi'nde (Staatscourant) yayınlanır ve 1 yıl içinde itiraz edilmezse taşınmaz mülkiyeti kesinleşir. Tescilin yayımlanmasından sonra, 3 ay içerisinde ağ devredilemez ve üzerinde başka bir gerçek hak tesis edilemez. 3 ay sonunda, taşınmazın mülkiyeti devredilebilir, üzerinde haklar kurulabilir (Roes, 2010).

3.4.2 Hırvatistan

Hırvatistan'da teknik altyapı kadastrosu faaliyetleri, eski Yugoslavya döneminde 1969 yılında başlamış ve yerel (municipal) kadastro ofislerince yürütülmüştür. 1999'da yürürlüğe giren Ölçme ve Kadastro Kanunu, teknik altyapı kadastrosunu yerel yönetimlerin sorumluluğuna bırakmıştır. Uygulamayla ilgili yönetmelik 2007 yılında yeni Ölçme ve Kadastro Kanunu'nun kabul edilmesinden sonra 2008 yılında çıkarılmıştır.

Teknik altyapı kadastrusunda; elektrik hatları, telekomünikasyon, su, kanalizasyon, sıcak su, petrol ve doğalgaz boru ağlarına ait temel teknik özellikleri, tesislerin konumları ile kuruluşların isim ve iletişim bilgileri kaydedilir. Yeni inşa edilen tesislerin konumları doğrudan; mevcut tesislerin (şebekelerin) konumları ise zeminde bulunan bileşenleri jeodezik yöntemlerle ölçülür. Ölçülen tesisler kadastral haritalara aktarılır (Şekil 3.3) (Vučić vd., 2011).

Kurulması zorunlu tutulan ve 1999 yılında yerel yönetimlerin sorumluluğuna bırakılan teknik altyapı kadastrosu, yalnızca birkaç belediye tarafından faaliyete geçirilmiştir (Bajt, 2016; Vučić vd., 2011). Daha sonra, Devlet Jeodezi İdaresi (State Geodetic Administration-SGA³), teknik altyapı kadastrosunun ulusal düzeyde organize edilmesini önermiş ve mevzuat değişikliğine gidilmiştir ((Vučić vd., 2017). Halen yürürlükte olan ve 2018 yılında yayımlanan Ölçme ve Kadastro Kanunu⁴ ulusal düzeyde teknik altyapı kadastrosu kurma görevini SGA'ya vermektedir (Vučić vd., 2020). Teknik altyapı kadastrosunun içeriği, kurulumu ve bakımı ile verilerin paylaşımına yönelik esaslar, "Teknik Altyapı Kadastrasına ilişkin kurallar"⁵ ile düzenlenmiştir.

Yasal düzenlemelere göre, teknik altyapı kadastrosu, elektrik, elektronik haberleşme, doğal gaz, petrol, su ve drenaj ağlarına ait hatlar ve diğer tesislerini; bu tesislerin temel teknik özellikleri, mevcut kullanım durumu, sahip ya da işletmecilerinin isim ve adreslerini içerir. Teknik altyapı kadastrosu yazılı ve grafik kısımlardan oluşur. Yazılı kısımda, tesislerin sahipleri ve işletmecileri liste biçiminde kaydedilir. Grafik kısım, ülke koordinat sisteminde ve sayısal planlar ile ölçme bilgilerini içerir. Tesislerin konumları, Teknik altyapı kuruluşlarının sağladığı veriler temel alınarak ve SGA ya da yerel yönetimlerde yetkili birimler tarafından kontrol edilerek kaydedilir. Teknik altyapı sahipleri veya işletmecileri, şebekelerinde yapılan (yeni tesis, deplase vb.) değişiklikleri SGA'ya 60 gün içinde bildirmekle ve jeodezik ölçme bilgileriyle birlikte sunmakla yükümlüdür.

SGA, mevcut teknik altyapı tesislerine ilişkin konumsal veriler ve planlanan inşaat işlerine ilişkin bildirimleri içerecek olan, ülke düzeyinde bir platform geliştirmektedir (Şekil 3.4). Bu uygulama, teknik altyapı inşaatlarının planlanmasını, olası hasarların ve maliyet kayıplarının önlenmesini hedeflemektedir (Vučić vd., 2020).

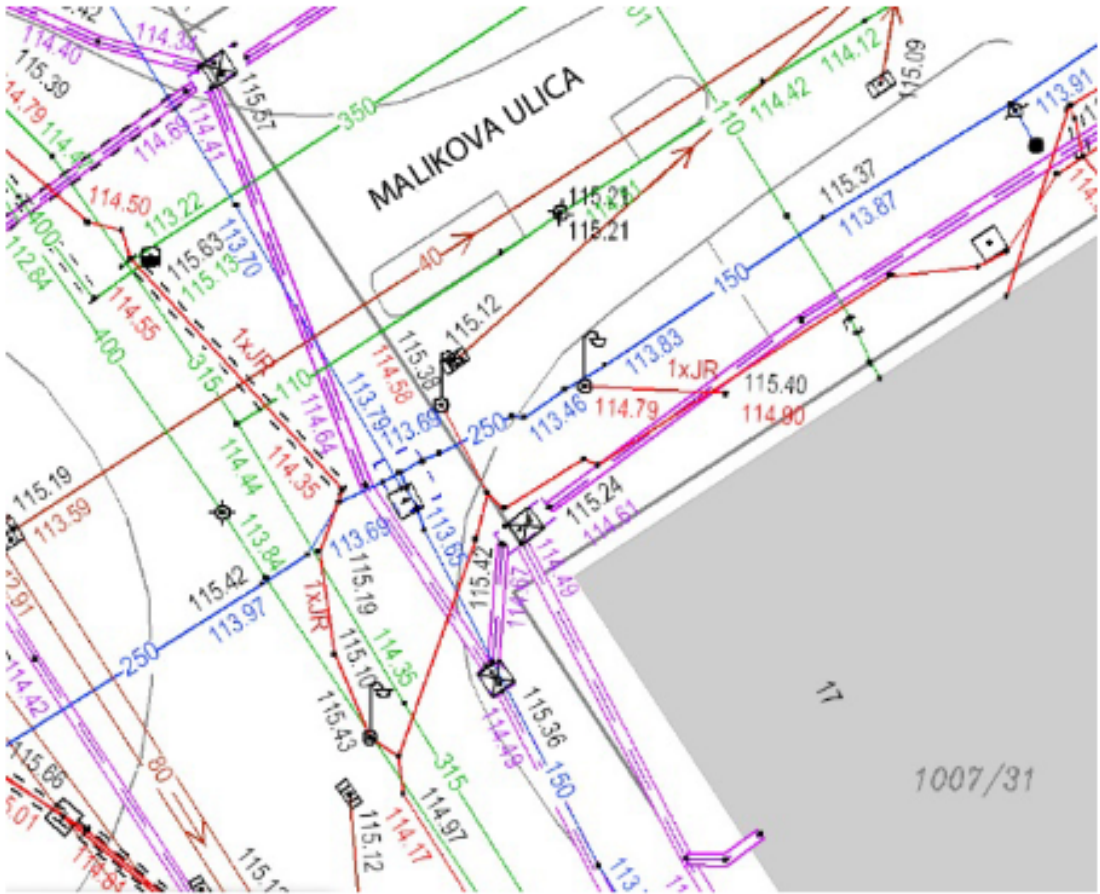
3.4.3 Sırbistan

Teknik altyapı kadastrosu, hatlar ile bunların üzerindeki hakların kaydedildiği temel sicildir. Teknik altyapı kadastrosu faaliyetleri; topografik harita üretimi, kadastro,

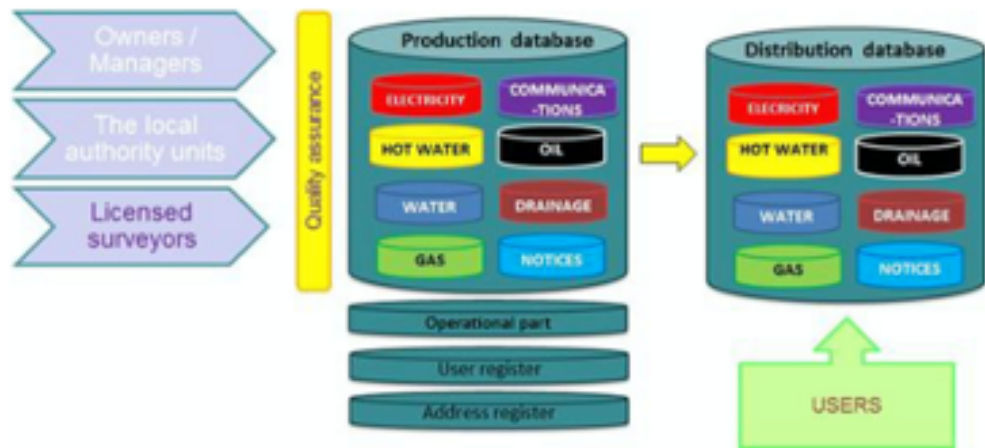
³<https://dgu.gov.hr/>

⁴<https://www.zakon.hr/z/156/Zakon-o-dr%C5%BEavnoj-izmjeri-i-katastru-nekretnina>

⁵https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2017_03_29_663.html



Şekil 3.3 Kadastral planda teknik altyapı tesislerinin gösterimi (Vučić vd., 2011)



Şekil 3.4 Hırvatistan teknik altyapı kadastro (Vučić vd., 2020)

ulusal konumsal veri altyapısı, taşınmaz değerlemesi ile arazi ve adres sicillerinden sorumlu olan Sırbistan Cumhuriyeti Jeodezi Kurumu (Republički Geodetski Zavod-RGZ) tarafından organize edilmektedir.

Ülke Ölçme ve Kadastro Hakkında Kanun ⁶, teknik altyapı ve taşınmaz kadastro sun kapsamını yürütülmesini (bakımını) tanımlamaktadır. Teknik altyapı kadastro su, (1) Coğrafi veri kaynakları, (2) idari doküman kaynakları ve (3) teknik altyapı kadastro su veri tabanından oluşur (Radulović vd., 2019). Coğrafi veri kaynakları, altyapı sahibi kamu kuruluşları, özel şirketler, teşebbüsler ve diğer tüzel kişilerin sağlamakla yükümlü olduğu, tasarım veya ölçme sonucu elde edilen haritalar ve diğer teknik belgelerdir. İdari doküman kaynakları, teknik altyapı tesisleri üzerinde hak ve kısıtlamaların kurulmasına dayanak oluşturur. Teknik altyapı kadastro su veri tabanı; su, atık su, drenaj, ısıtma, elektrik, elektronik haberleşme, doğal gaz, petrol ağları ve ortak tesisler kaydedilmektedir.

Ölçülecek ve kaydedilecek nesneler, ölçme yöntemleri, gerekli konum doğrulukları gibi hususlar, uygulama yönetmeliğinde tanımlanmaktadır. Buna göre, gömülü tesislerin konumları, tesisler açığa çıkarılarak yersel yöntemlerle, 10 cm doğrulukla tespit edilmelidir. Ayrıca, tespit sırasında, tesis türlerine göre kimi tanımlayıcı öznitelikler (örneğin, elektrik kablolarının gerilimi, su dağıtım borularının malzemesi ve çapı vb.) de belirlenmektedir. Tesislerin konumları, altyapı sahipleri inisiyatifiyle lisanslı harita mühendisleri tarafından belirlenir. Teknik altyapı kadastro verilerine ilişkin servislere, yalnızca yetkilendirilmiş kullanıcılar erişebilmektedir.

3.4.4 Slovenya

Slovenya’da kadastro, arazi kadastro su ve bina kadastro su ve teknik altyapı kadastro sunu kapsamaktadır. Slovenya’da teknik altyapı tesislerine ait coğrafi veriler, ülke düzeyinde, birleştirilmiş altyapı kadastro sunda (consolidated cadastre of public infrastructure) yönetilmektedir. 2002 yılında yürürlüğe giren Mekansal Planlama Kanunu ⁷, ülke düzeyinde teknik altyapı kadastro su kurulmasına ilişkin yasal çerçeveyi oluşturmuştur. Teknik altyapı kadastro sunun oluşturulması için Slovenya Cumhuriyeti Ölçme ve Haritacılık Kurumu (Surveying and Mapping Authority of the Republic of Slovenia, SMA) yetkilendirilmiştir. Kurum, ilgili bakanlık, yerel yönetimler ve altyapı kurumları ile birlikte teknik altyapı tesislerine ilişkin verilerin resmi ve sistematik bir biçimde kaydedilmesine yönelik süreçleri belirlemiştir. Sistem 2006 yılında resmi olarak faaliyete geçmiştir. Tüm teknik altyapı tesislerine ait verilerin merkezi bir portaldan

⁶<http://www.pravno-informacioni-sistem.rs/SlGlasnikPortal/eli/rep/sgrs/skupstina/zakon/2009/72/12/reg/20200212>

⁷Zakon o prostorskem načrtovanju

yayımlanması hem ulusal hem de yerel düzeydeki mekânsal planlama ve inşaat projeleri gibi işler için kolaylık sağlamaktadır (Mesner vd., 2010). Teknik altyapı kadastrounun amacı, mekânsal planlama için tüm tesisleri kayıt altına almak, tesisler üzerindeki yasal hakların (mülkiyet) tescili için veri tabanını hazırlamak ve hasarların önlenmesi için bir sistem kurmaktır (Şarlah vd., 2020). Teknik altyapı kadastrounda; trafik ve sokak aydınlatma tesisleri, enerji besleme altyapı tesisleri (elektrik hatları, gaz nakli, ısı nakli, boru hatları), yerel yönetim altyapıları (yağmur suyu ve kanalizasyon), su altyapısı ve telekomünikasyon şebekeleri kaydedilmektedir (Petek, 2015).

Belediyeler ile teknik altyapı kuruluşları, tesislerine ait konumsal verileri yerel düzeyde yönetmektedir. Teknik altyapı kadastrounda ise daha genel düzeyde bilgiler kaydedilmekte ve merkezi olarak yayımlanmaktadır. Kuruluşlar, yeni inşa edilen tesisleri ve mevcut tesislerde meydana gelen değişiklikler ile ilgili bilgileri kadastroya 3 ay içinde bildirmekle yükümlüdür. Bu değişiklikler, yeni kurulmuş tesislerin konumları, ölçme bilgileri ve özellikleri, SMA tarafından belirlenen ve yayımlanan formatta yapılmalıdır.

Veriler herkese açıktır⁸ ve bir web uygulaması ile kapı numarası, parsel numarası ve bina numarası girilerek yapılan sorgu sonucunda ilgili parselin altından veya üzerinden geçen teknik altyapı tesislerinin listesine ulaşılabilenekte; uydu görüntüsü üzerinde parsel sınırları ve altyapı tesisler görüntülenebilmektedir (Şekil 3.5).

3.4.5 İsviçre

İsviçre’de ulusal düzeyde bir teknik altyapı kadastro bulunmamakla beraber 14 kantona ait coğrafi veri mevzuatı teknik altyapı kadastrouna (Leitungskataster) ilişkin hususlar içermektedir (Käser, 2017). Burada, teknik altyapı sahibi veya işletmecileri tarafından üretilen veriler teknik altyapı kadastro kapsamında yayımlanmak üzere derlenir ve birleştirilir. SIA (İsviçre Mühendisler ve Mimarlar Derneği - Der Schweizerische Ingenieur- und Architektenverein) tarafından geliştirilen ve yayımlanan SIA405 teknik altyapı standardı, teknik altyapı kadastro için LKMap adı verilen bir coğrafi veri değişim modelini içermektedir. LKMap, aynı zamanda teknik altyapı kadastro verileri için ortak bir sunum formatı önermektedir (Yan vd., 2019). SIA405 standardında teknik altyapı kadastro, altyapı sahibi ve işletmecileri tarafından planlama, ağ simülasyonları veya çeşitli finansal hesaplamalar için yönettikleri verilerin sadeleştirilmiş bir alt kümesi olarak tanımlanmaktadır. İsviçre Federal Topografya Dairesi (Swisstopo) sorumluluğunda, ülke düzeyinde teknik altyapı kadastrounun kurulması planlanmaktadır¹⁰. Teknik altyapı kazılarının ve arızaların takibi ile inşaat projelerinin

⁸[urlhttps://egp.gu.gov.si/egp/?lang=en](https://egp.gu.gov.si/egp/?lang=en)⁹

¹⁰<https://www.cadastre.ch/de/manual-lk.html>

planlanması gibi uygulamaları destekleyecek biçimde, ülkedeki tüm tesislere ait coğrafi verilerin derlenerek homojen bir biçimde sunumu hedeflenmiştir.

3.4.6 Polonya

Polonya’da jeodezik teknik altyapı ağları sicili (Geodezyjna Ewidencja Sieci Uzbrojenia Terenu – GESUT) Jeodezi ve Kartoğrafya Kanunu (Geodetic and Cartographic Law) ile düzenlenmiştir. Bu siciller yerel yönetim (powiat) düzeyinde tutulmaktadır. Siciler; su, kanalizasyon, doğalgaz, telekomünikasyon ve elektrik teknik altyapı tesisleri hakkında konumsal ve tanımlayıcı veriler ile bu tesislerin sahiplerini içermektedir (Gózdź & van Oosterom, 2016). Yerel yönetimlerde tutulan siciller, K-GESUT projesi kapsamında birleştirilerek ulusal düzeyde tutulmaktadır. KIUT servisi aracılığıyla bu veriler ulusal bir portalda yayımlanmaktadır. Ulusal ve yerel düzeydeki sicillerin içerikleri yönetmelikle belirlenmiştir.



(a) Teknik altyapı kadastro haritası

Gospodarska javna infrastruktura

Izberite tematiko GJI za prikaz na izbranih parcelah oz. stavbah

Ime tematike GJI



PODATKI O GJI

Identifikator GJI	Ime tematike GJI	Ime sloja iz ZK GJI	Šifra vrste GJI	Ime vrste GJI	Meja GJI na parceli
19627352	Električna energija	Elektro energetska infrastruktura - linijski objek	2199	Drugi objekti elektro energetske infrastrukture	32.1m
19627359	Električna energija	Elektro energetska infrastruktura - linijski objek	2199	Drugi objekti elektro energetske infrastrukture	7.39m
19628897	Električna energ	Elektro energetska infrastruktura - linijski objek	2199	Drugi objekti elektro energetske infrastrukture	1.72m
19628903	Električna energija	Elektro energetska infrastruktura - linijski objek	2199	Drugi objekti elektro energetske infrastrukture	0.86m
19630426	Električna energija	Elektro energetska infrastruktura - linijski objek	2199	Drugi objekti elektro energetske infrastrukture	39.42m
19777771	Električna energija	Elektro energetska infrastruktura - linijski objek	2104	Kablovod	39.42m
19807737	Električna energija	Elektro energetska infrastruktura - linijski objek	2104	Kablovod (podzemni kabelski vod)	29.22m
19807740	Električna energija	Elektro energetska infrastruktura - linijski objek	2104	Kablovod (podzemni kabelski vod)	32.3m
19807741	Električna energija	Elektro energetska infrastruktura - linijski objek	2104	Kablovod (podzemni kabelski vod)	31.98m
19807745	Električna energija	Elektro energetska infrastruktura - linijski objek	2104	Kablovod (podzemni kabelski vod)	0.86m
19814343	Električna energija	Elektro energetska infrastruktura - linijski objek	2104	Kablovod (podzemni kabelski vod)	29.99m
19475522	Električna energija	Elektro energetska infrastruktura - ploskovni obje	2114	Jašek	0.88m2
19476554	Električna energija	Elektro energetska infrastruktura - ploskovni obje	2114	Jašek	0.31m2
20211388	Električna energija	Elektro energetska infrastruktura - točkovni objek	2115	Priključna omarica	-

(b) Bir parselin altından geçen teknik altyapı tesislerinin listesi

Şekil 3.5 Slovenya teknik altyapı kadastrosu

TEKNİK ALTYAPI TESİSLERİ VE KADASTRAL SİSTEMLER İÇİN COĞRAFI VERİ MODELLERİ

4.1 Coğrafi Veri Modelleri ve Modellemeye İlişkin Temel Kavram ve Tanımlar

4.1.1 Model

Model, en geniş anlamıyla, gerçekliğin basitleştirilmiş bir görünümü olarak tanımlanır (Selic, 2003). Sözlük anlamı, model kavramının kullanıldığı uygulama alanına bağlı olarak çeşitlilik gösterir. Örneğin, mimari bir model, bir yapının tasarımını belirli bir ölçekte temsil ederken, matematiksel modeller gerçek dünyadaki olayları matematiksel ifadelerle temsil eder. Kleppe vd. (2003), model sözcüğünün sözlük anlamlarından yola çıkarak, modellerin her zaman: (1) gerçekte var olan bir şeyin soyutlanması olduğu, (2) her zaman modellediği şeyden farklı olduğu, (örneğin, genellikle bazı detaylar modellenmez veya büyüklükleri farklıdır) ve (3) gerçekte var olan bir şeyi üretmek için örnek olarak kullanılabildiği çıkarımlarını elde etmiştir. Coğrafi veri modelleme için, model teriminin bilgi bilimleri bağlamında incelemek gerekir. Bilgi biliminde “gerçekte var olan şey” ve “modellenen şey” kavramları; sistem (Kleppe vd., 2003), incelenen sistem (system under study) (Rodrigues da Silva, 2015) veya söylem evreni (universe of discourse) (International Organization for Standardization (ISO), 2014) terimleri ile ifade edilir. ISO 19101:2014 Coğrafi Bilgi-Referans Model standardında, “ilgi alanına giren her şeyi içeren gerçek veya kuramsal dünyanın görünümü” olarak tanımlanmıştır (ISO, 2014). Burada ‘görünüm’, modelleme sürecinde yalnızca bazı seçilmiş varlıkların hedeflendiğini ifade eder. Bir başka ifadeyle modellemede dünyanın görünümü belirli bir uygulama alanına aittir ve söylem evreni bu uygulama alanıyla ilgili öğeleri kapsar. Coğrafi veri için böylesi bir söylem evreni, yer yüzeyi üzerinde veya yakınında bulunan ve konum ile ilişkilendirilebilen tüm varlıkları içerir (Roswell, 2012).

Model kavramının önemli bir özelliği, her zaman modellediği şeyden/söylem evreninden farklı olmasıdır. ISO TC/211, modeli, gerçekliğin bazı açılardan

soyutlanması olarak tanımlamaktadır (ISO, 2015b). Buradaki aç kavramı, bir soyutlama tekniğidir. Soyutlama, bir sistemde belirli konulara odaklanarak ilgisiz detayların dışlanması veya gerçek veya somut kavramlardan daha yüksek düzeyli (higher concept) (genel) kavramlar türetmektir (Atkinson & Groffen, 2011). Soyutlama ile, belirlenmiş bir etki alanının tanımından belirli öğeler çıkarılır. Böylelikle, sisteme daha üst düzeyden bir bakış sağlanır. Soyutlama düzeyi, modelin kapsadığı detay miktarı ile ilgilidir. Model, kapsadığı sistem kümesinin genişliği ölçüsünde soyuttur. Bir başka ifadeyle, soyut bir model, geniş bir sistem kümesini temsil eder; bununla beraber uygulanabilirlik için daha fazla detay içermelidir (OMG, 2014).

Kleppe vd. (2003)'e göre model, bir sistemin (bir bölümünün) iyi tanımlanmış bir dilde yazılmış bir tanımıdır. Burada, iyi tanımlanmış dil, bilgisayarlar tarafından otomatik olarak yorumlanmaya uygun, iyi tanımlanmış sözdizimi ve semantiğe sahip bir dili ifade etmektedir. Bir başka ifadeyle, modeller, kullanıcılar ve işlemciler/bilgisayarlar tarafından doğru bir biçimde yorumlanabilecek şekilde ifade edilerek bilgi akışını destekler ve bu sayede işlevsel olurlar. Bu nedenle, bir modelleme dili ile ifade edilmelidir. Modelleme dilini, modelin ifade edilmesinde kullanılan yapı, terim, sözdizimi, semantik ve bütünlük kuralları oluşturur (OMG, 2014). Tümlşik Modelleme Dili (Unified Modeling Language, UML) ve EXPRESS, modelleme dillerine örnek gösterilebilir.

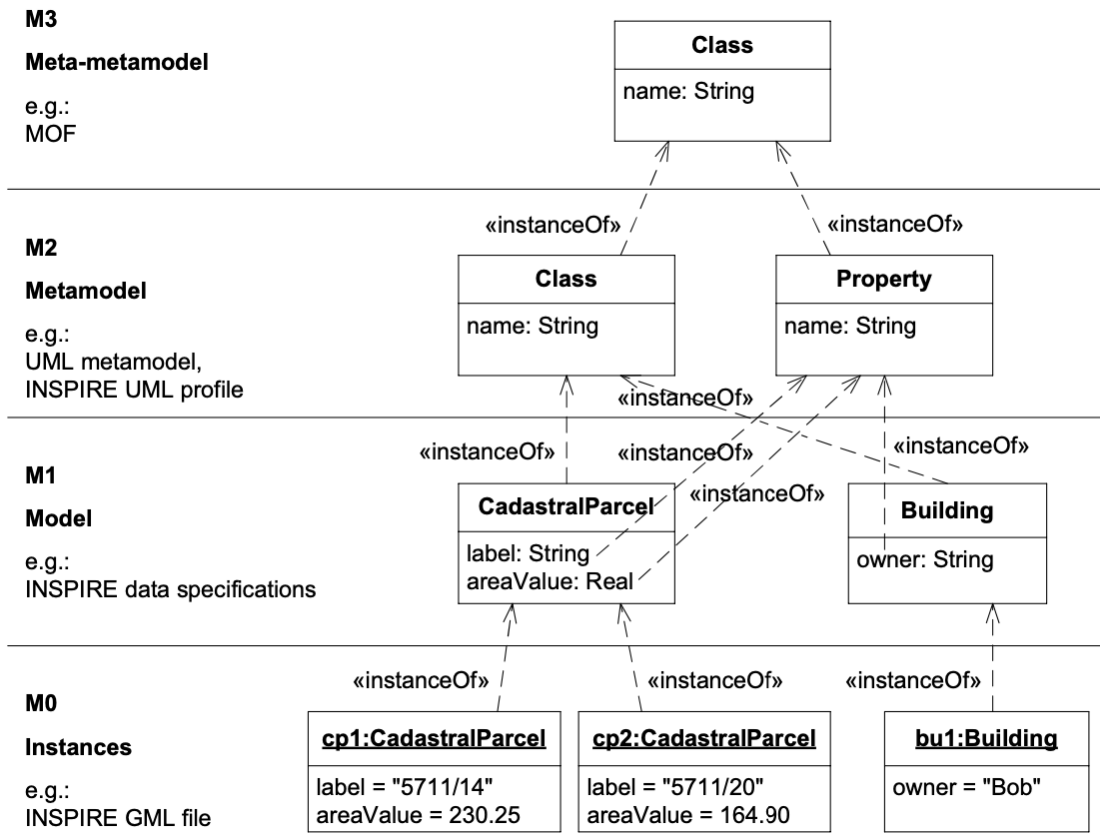
4.1.2 Metamodel

Veri modelleri, iyi tanımlanmış modelleme dilleri kullanılarak üretilir. Modelleme dilleri, o veri modelini üretmek için kullanılabilecek öğeleri tanımlar. Bu nedenle, modelleme dilinin hangi öğeleri sağladığı açıkça belirtilmelidir. Bu belirtmeler, metamodeller ile yapılır. Metamodel, modelleri tanımlamak için kullanılan model elemanlarını tanımlayan bir model olarak tanımlanır (Kleppe vd., 2003). Benzer bir tanıma göre metamodel, modelleme dilinin yapısını tanımlayan bir modeldir (Rodrigues da Silva, 2015).

Metamodelin kendisi de bir model olduğu için, onun da modelleme dilini tanımlayan bir meta-metamodelinin olması gerekir. Teorik olarak sonsuz sayıda bu şekilde model-modelleme dili-metamodel ilişkisi vardır. İlk metamodelin nasıl tanımlanacağı sorunu, kendisini kendi dilinde tanımlayan bir dilin kullanımıyla çözülebilir. Örneğin doğal diller, kendi dilbilgisi, sözlük vb. tanımlamalarını kendi dillerinde yaparlar.

Modelleme dilleri için bu çözüm OMG tarafından önerilen dört katmanlı mimari ve bu hiyerarşik yapının en üstünde yer alan MOF (Meta Object Facility) katmanı (M3 katmanı) ile sağlanır. MOF, kendi modeli ile tanımlanan bir

modeldir. Tanımlanan bu hiyerarşik yapıda alt katmandaki modeller üst katmandakilerin örneklendirilmesiyle oluşturulmaktadır. M2 olarak adlandırılan katmanda metamodeler, meta-metamodelin örneklendirilmesiyle oluşturulmuştur. Yani, metamodeldeki her eleman, meta-metamodelde tanımlanan bir elemanın örneğidir. Bu ilişki Şekil 4.1’de «instanceOf» etiketi ile temsil edilmektedir. UML ve UML profilleri, MOF’un örnekleri olan birer metamodeldir. Bir alt düzeydeki M1 katmanında, farklı soyutlama düzeyine sahip ve farklı uygulama alanları için geliştirilen modeller yer alır. Bu modellere UML uygulama şemaları örnek gösterilebilir. En alt düzeyde yer alan M0 katmanını, veri örneklerinden oluşmaktadır.



Şekil 4.1 UML'in dört katmanlı mimarisi (Kutzner, 2016)

4.1.3 Model Odaklı Mimari

Model Odaklı Mimari (Model Driven Architecture - MDA), yazılım geliştirmeye yönelik, OMG tarafından desteklenen bir çerçevedir. OMG spesifikasyonu olmamakla beraber, UML ve MOF gibi OMG standartları ile gerçekleştirilir. Bu yaklaşımda geliştirilen yazılımın temelini modeller oluşturmaktadır. MDA temelde, modellerin tanımlanması ve bunların birbirleri arasındaki dönüşümleriyle ilgilidir.

‘Model odaklı’ kavramı ile bir sistemin dokümantasyonu, analizi, tasarımı,

yapılandırılması uygulanması ve bakım süreçlerinde modellerin temel kaynak olarak kullanıldığı bir yaklaşım ifade edilir. MDA bağlamında sistem, mevcut veya geliştirilmekte olan bir yazılım sistemini ifade eder. Bir sistemin mimarisi, sistemin bileşen ve bağlantı elemanları ile bu bağlantı elemanlarını kullanan bileşenler arasındaki ilişkileri tanımlayan kuralları belirtir. MDA bağlamında bu bileşen, bağlantı elemanları ve kurallar, birbirleriyle ilişkili bir dizi model ile ifade edilir.

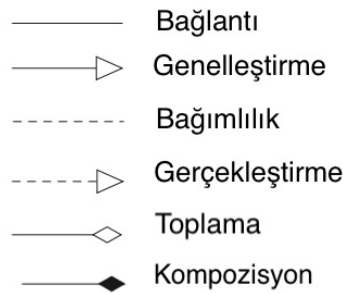
Coğrafi veri bağlamında model odaklı mimari prensibinin temeli, coğrafi veri modellerinin bir kavramsal şema dili kullanılarak üretilmesi, böylelikle veri yapılarını herhangi bir sistemden ve veri transfer formatından bağımsız halde tutmaktır (Staub, 2007). Genellikle ISO Coğrafi Bilgi / Geomatik Teknik Komitesi (TC211) tarafından sunulan standartlar ile uygulanır. Örneğin, ISO 19103:2015 Coğrafi Bilgi – Kavramsal Şema Dili standardında tanımlanan UML profili kullanılarak, veri setinin mantıksal ve semantik yapısını tarif eden formel bir model geliştirilir; ISO 19109 standardında tanımlanan kurallara göre uygulama şeması oluşturulur. Daha sonra ISO 19136 (ISO, 2020) ve ISO 19139 standartlarında belirtilen kurallara göre GML uygulama şemasına dönüştürülebilir ve ISO 19118’de (ISO, 2011) tanımlanan kodlama kurallarına göre GML veri örnekleri oluşturulabilir.

4.1.4 Kavramsal Model ve Kavramsal Şema

Yazıya dökülmemiş ve farazi bir model olan söylem evreninin soyutlanması ve sadeleştirilmesi ile enformel biçimdeki kavramsal model elde edilir. Belirlenen uygulama alanı için gerekli olmadığı düşünülen bilgiler kavramsal modelde sadeleştirilmiş, gruplandırılmış veya ihmal edilmiştir (Kutzner, 2016). Kavramsal model, ISO 19101:2014 standardında, söylem evrenindeki kavramları tanımlayan model olarak tanımlanmıştır (ISO, 2014). Kavramsal şema, yalnızca söylem evreni ile ilgili yapısal ve davranışsal durumları içeren, uygulama teknolojileri ve platformlarından bağımsız, formel bir biçimde yapılandırılmış bir modeldir.

Kavramsal şema kavramsal modelin formel biçimde tanımını ifade eder (International Organization for Standardization (ISO), 2014). Bu tanıma göre, enformel olarak tanımlanmış kavramsal modele ait kavramların formel tanımlamaları kavramsal şema düzeyinde yapılır. Buradaki formelleştirme bir dizi modelleme kavramını içerir ve UML metamodeli veya EXPRESS metamodeli gibi kavramsal şema dilleri ile ifade edilebilir (ISO, 2014). Coğrafi bilgi alanında kavramsal şema dili, ISO:19103 ile UML olarak belirtilmektedir (ISO, 2015a). Burada, coğrafi verinin temsili için bir UML profili sunmakta ve şemaların geliştirilmesinde kullanılacak kavramsal şema dilini tanımlamaktadır. UML ile kavramsal model, genellikle sınıf diyagramları ile tanımlanır. Burada, sınıflar, nesne örnekleri, nesne örnekleri arasındaki ilişkiler gibi şema dilinin

(UML sınıf diyagramlarının) unsurları tanımlanır. Sınıflar, aynı öznitelik, işlem, metot, ilişki ve semantiğe sahip nesne kümelerini ifade eder. Nesne örneği (instance), bir değeri olan ve bir tanımlayıcısı olabilen tekil nesnelerdir. Sınıflar arasında; bağlantı (association), genelleştirme (generalization), bağımlılık (dependency), toplama (aggregation), kompozisyon (composition) ilişkileri tanımlanabilir. Bu ilişkilerin gösterimi Şekil 4.2’de yer almaktadır. Bağlantı ilişkisi, nesne örnekleri arasında anlamsal bir ilişki olduğunu ifade eder. Genelleştirme ilişkisi, bir üst sınıf ile alt sınıfları arasındaki ilişkiyi tanımlar. Üst sınıfın tüm özellikleri, alt sınıflarına aktarılır. Bağımlılık ilişkisi, nesnelerin tanımlanması ya da uygulanması için bir başka nesneye gereksinim duyduğunu ifade eder. Gerçekleştirme ilişkisi, bir sınıfın, bir diğer sınıfın belirttiği davranışı gerçekleştirdiğini veya uyguladığını belirtir. Toplama ve kompozisyon ilişkileri, bir sınıfa ait nesne örneklerinin, bir başka sınıfa nesne örneklerini oluşturmasını ifade eder; iki sınıf arasında parça-bütün ilişkisi bulunur. Kompozisyon ilişkisi, toplama ilişkisine göre daha güçlüdür. Burada, toplama ilişkisinden farklı olarak, bütünü oluşturan sınıfın silinmesi halinde, alt sınıfları da silinir.



Şekil 4.2 UML sınıf diyagramlarında nesneler arasındaki ilişkilerin gösterimi

4.1.5 Uygulama Şemaları ve Genel Detay Modeli

Uygulama şeması, benzer veri gereksinimlerine sahip uygulamalarda kullanılacak verilerin semantik yapısını tanımlayan bir modeldir. ISO 19101 standardında uygulama, verinin kullanıcı gereksinimlerini destekleyecek biçimde manipülasyonu ve işlenmesi olarak tanımlanmıştır. Uygulama şeması da bir veya daha fazla uygulamanın gerektirdiği verilere yönelik şema sunan bir kavramsal model olarak tanımlanmaktadır. Dolayısıyla uygulama şemaları, formel bir modelleme dili kullanılarak üretilmiş kavramsal modeller olarak, kavramsal şema kavramına karşılık gelir. INSPIRE veri tanımlamaları, InfraGML ve CityGML, uygulama şemalarına örnek olarak gösterilebilir.

Uygulama şeması, verinin içeriği ve yapısını tanımlamalıdır. Bunun yanında verinin manipülasyonu ve işlenmesi için işlemleri ve veri bütünlüğünün sağlanması için kısıtlamaları da tanımlayabilir. Uygulama şemasının amacı iki yönlüdür. Bunlardan ilki, veri yapısını bilgisayarların okuyabileceği biçimde tanımlayarak veri yönetiminde

otomatik mekanizmaların uygulanmasını mümkün kılmaktır. İkincisi, belirli bir uygulama alanına ait veri içeriğinin belgelenmesiyle verinin ortak ve doğru bir şekilde anlaşılmasını sağlamaktır (ISO, 2015b).

ISO/TC211 tarafından üretilen tanımlamaların temel amacı, heterojen coğrafi bilgi sistemleri arasında birlikte işlerliğin sağlanmasıdır. Uygulama şemaları, iki sistem arasında birlikte işlerliğin sağlanması için gereken veri değişiminin temelini oluşturur: Veri değişimine konu verinin, hedef ve kaynak sistemler tarafından yorumlanabilen, sistemden bağımsız bir temsiliyi sağlar.

Bir uygulama şemasının geliştirilmesi için gereken kurallar ISO 19109:2015 Uygulama Şema Kuralları Tanımlama Dokümanında (Geographic information - Rules for application schema) belirtilmiştir (ISO, 2015b). Bu kurallara göre tüm uygulama şemalarının temelini Genel Detay Modeli oluşturur. Genel Detay Modeli, detay (feature) adı verilen coğrafi nesneleri, bunların özelliklerini ve ilişkilerini temsil etmek için tanımlanmış bir metamodeldir.

Detay, gerçek dünya olgularının (phenomena) soyutlanması olarak tanımlanmaktadır. Coğrafi bilgi bağlamında bu olgular, yeryüzü üzerindeki bir konumla açıkça veya dolaylı olarak ilişkilidir. Genel Detay Modeli kullanılarak üretilen uygulama şemalarındaki detay tipleri, FeatureType metasınıfının birer örneği olmalıdır. Detay tiplerinin somut örnekleri detay örnekleri (instance) olarak adlandırılır. Örneğin, Detay tipleri nesneye yönelik modellemede sınıflara, detay örnekleri de nesnelere karşılık gelmektedir.

Detaylar isim ve açıklamalarıyla beraber; öznitelikleri, diğer detaylarla ilişkileri ve işlemleri gibi özellikleri ile tanımlanır. Öznitelikler, konumsal, zamansal veya tematik türde olabilir, metaveriyi ifade edebilir. Birbirlerine benzer olan ve ortak özellikler gösteren detaylar, bir detay sınıfında sınıflandırılır. Bu detay sınıfı kavramı, genel detay modelinde FeatureType metasınıfı (metaclass) olarak adlandırılmıştır.

Genel detay modeli, detayların sınıflandırılmasına yönelik gereksinimleri belirir, ancak bir kavramsal şema dili değildir (ISO, 2015). Genel detay modeli UML sınıf diyagramlarıyla ifade edilmekte, ancak standart dokümanı yalnızca genel detay modelinin semantik yapısı hakkında bilgi vermekte ve modelleme diline ait sözdizimi sunmamaktadır. Uygulama şemaları oluşturulurken var olan bir modelleme dili kullanılmalıdır. ISO 19109 UML'in kullanılmasını önermektedir. Standart dokümanı, UML uygulama şemalarını oluştururken genel detay modelinde tanımlanan kavramların UML modelinde nasıl temsil edilmesi için gereken kuralları sunmaktadır.

ISO 19118 standardına göre uygulama şemaları ISO 19103 ve ISO 19109 standartları ile uyumlu biçimde, UML ile ifade edilir. Coğrafi veri alanında sıkça kullanılan bir veri

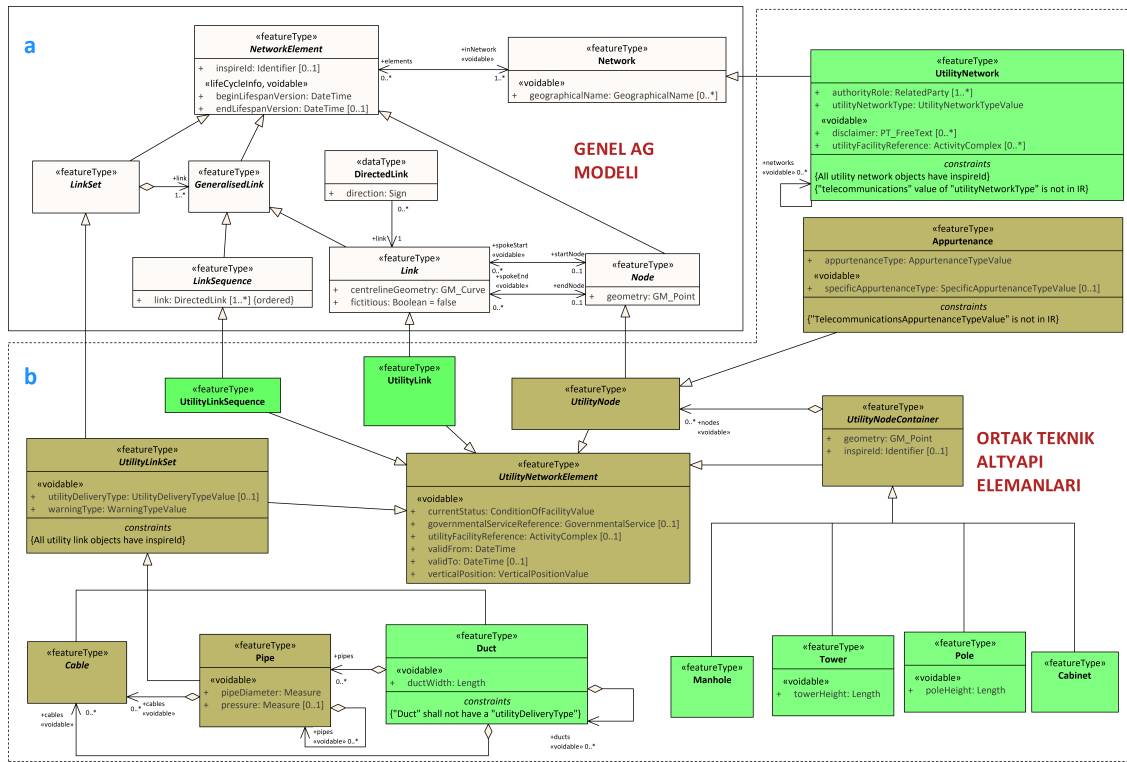
transfer formatı GML'dir. GML, coğrafi verinin transferi, saklanması modellenmesinde kullanılan XML tabanlı bir dildir. ISO 19136 standardı GML'i tanımlamakta, aynı zamanda UML uygulama şemaları ile GML uygulama şemaları arasındaki eşleme için kodlama kurallarını sunmaktadır. Shapefile, GeoJSON, KML, CityGML formatları da sıkça kullanılan diğer veri transfer formatlarıdır. Bu standartları temel alarak geliştirilmiş teknik altyapı tesislerine yönelik uygulama şemaları izleyen bölümde incelenmektedir.

4.2 Teknik Altyapı Tesislerine Yönelik Uygulama Şemaları

4.2.1 INSPIRE Teknik Altyapı Ağları Profili

Avrupa Birliği coğrafi veri altyapısının oluşturulmasını amaçlayan INSPIRE girişimi, çevreyle ilişkili coğrafi verilerin hem ulusal düzeyde hem de Avrupa düzeyinde paylaşımının etkinleştirilmesini hedeflemektedir. Bu kapsamda, çevresel politika ve uygulamalar için gereksinim duyulan coğrafi veriler, genel kavramsal model (General Conceptual Model) ve 34 veri teması ile tanımlanmıştır. Bu temalara ait coğrafi verilerin veri tanımlamaları ile uyumlandırılması hedeflenmiştir. Genel kavramsal model, birden fazla temada kullanılan ortak veri tip ve modellerini tanımlamaktadır. Teknik altyapı tesislerine ilişkin şema ve tanımlamalar Altyapı ve Kamusal Hizmetler (Utility and Governmental Services) veri temasında yer almaktadır. INSPIRE Teknik Altyapı Ağları (INSPIRE Utility Networks, INSPIRE-UN) uygulama şemasının amacı, farklı kuruluşların yönettiği değişken yapıda ve düzeyde bulunan veri ve veri modellerini uyumlaştırmaktır (INSPIRE, 2013a). Böylelikle teknik altyapı kuruluşları arasındaki verinin yeniden kullanımı etkinleşecektir.

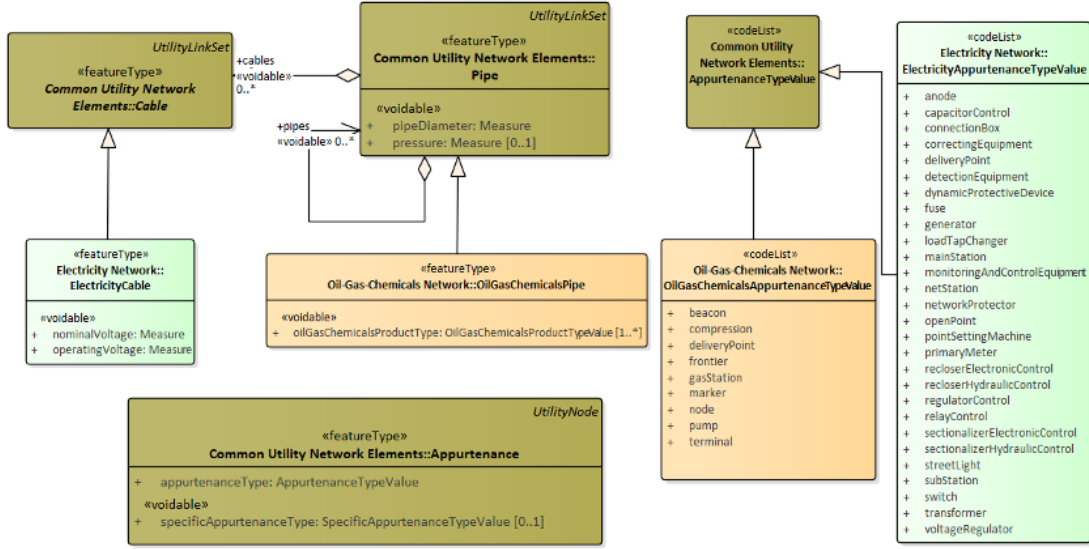
INSPIRE-UN, genel kavramsal modelde tanımlanmış Genel Ağ Modelinin (Generic Network Model) (INSPIRE, 2013b) bir profilidir. Teknik altyapı ağları profili, teknik altyapı ağlarının ve tesislerinin genel ağ modelinde sunulan yaklaşımla topolojik bir yapıda temsilini sağlar. Burada, birden fazla teknik altyapı şebekesinde yer alan ortak tesislere ve 6 farklı sektöre özgü tesislere ait uygulama şemaları yer almaktadır. Genel Ağ Modeli, ağ özelliği gösteren veri temalarına (örneğin, ulaşım, hidrografi, altyapı şebekeleri gibi) temel oluşturan bir uygulama şemasıdır (Şekil 4.3a). Burada esas olarak ağ oluşturan nokta ve çizgi geometrisine sahip nesneler arasındaki ilişkiler tanımlanmaktadır. Bir doğrusal nesne, başındaki ve sonundaki düğüm noktalarıyla ve yönüyle birlikte tanımlanmakta, böylelikle ağ topolojisi sağlanmaktadır. Modelde temel sınıf olan AğElemanı (NetworkElement), Ağ (Network) sınıfını oluşturan elemanları temsil eder. Ağlardaki doğrusal nesneler, Hat (Link) HatSeti (LinkSet) ve HatDizisi (LinkSequence) sınıflarıyla; nokta özelliğine sahip nesneler ise DüğümNoktası (Node) sınıfı ile temsil edilmektedir.



Şekil 4.3 a) INSPIRE Genel Ağ Modeli, b) Teknik Altyapı Ağları Profilinde Ortak Teknik Altyapı Tesisleri. (INSPIRE (2013)'ten uyarlanmıştır).

Teknik altyapı ağları profilinin oluşturulması için genel ağ modelindeki; Ağ, HatSeti ve DüğümNoktası sınıfları genişletilerek sırasıyla TekikAltyapıAğı (UtilityNetwork), TeknikAltyapıHatDizisi (UtilityLinkSet) ve TeknikAltyapıDüğümNoktası (UtilityNode) soyut sınıfları türetilmiştir. Ayrıca ağ modelinde bulunmayan teknik altyapı düğüm noktası taşıyıcılarını temsil etmek için TeknikAltyapıDüğümNoktaTaşıyıcı (UtilityNodeContainer) sınıfı ile profildeki tüm sınıflara ait öznelilikleri içeren soyut TeknikAltyapıAğElemanı (UtilityNetworkElement) sınıfı eklenmiştir. Bu öznelilikler, tesisin durumu, zamansal özellikleri, zemine göre düşey konumu gibi özellikleri içerir. Birden fazla teknik altyapı ağında mevcut olabilen (ortak) tesisler, bu soyut sınıfların genişletilmesiyle oluşturulan sınıflarla temsil edilmektedir. Bu ortak tesisler; (1) düğüm noktaları olan Donatı (Appurtenance), (2) düğüm noktası taşıyıcıları olan Kabin (Cabinet), Direk (Pole), Kule (Tower) ve Menhol (Manhole) ile (3) teknik altyapı hat dizileri olan Kanal (Duct), Kablo (Cable) ve Boru (Pipe) sınıflarında temsil edilmektedir (Şekil 4.3b).

Ortak altyapı ağları uygulama şemasında yer alan Kablo ve Boru sınıfları; (1) elektrik, (2) petrol, kimyasal ve doğal gaz, (3) su, (4) kanalizasyon, (5) termal ve (6) elektronik haberleşme türündeki ağlar için genişletilmiş ve her bir ağ için ayrı uygulama şemaları sunulmuştur. Örneğin, ElektrikAğı (ElectricityNetwork) uygulama şemasında elektrik kablolarına özgü işletme gerilimi ile nominal gerilim özellikleri, kablo sınıfından



Şekil 4.4 INSPIRE Elektrik ve Petrol, Gaz, Kimyasal Ağlar Uygulama Şemalarının Türetilmesi

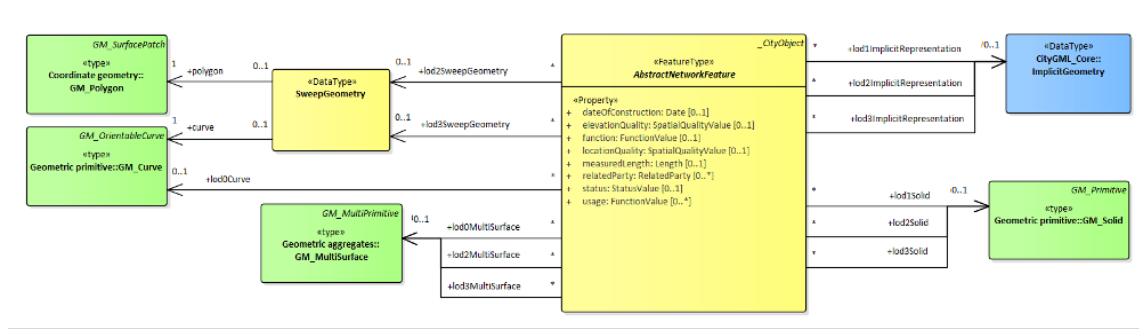
türetilen ElektrikKablo (ElectricityCable) sınıfı ile temsil edilmektedir (Şekil 4.4). Benzer şekilde, PetrolGazKimyasalAğBorusu (OilGasChemicalsPipe), ortak altyapı elemanı olan Boru sınıfından türetilmiştir. Ağlarda nokta özelliği gösteren tesisler, hem ortak altyapı ağları uygulama şemasında hem de sektörel şemalarda Donatı (Appurtenance) sınıfında yer almaktadır. Donatı sınıfı, donatı tipini ifade eden özniteliklere sahiptir; bu özniteliklerin değerleri her şema için geliştirilen değer listelerinden (örneğin, ElectricityAppurtenanceTypeValue) derlenir. INSPIRE-UN modeli, teknik altyapı tesislerini 2 boyutlu modellemektedir. Yükseklik, derinlik bilgisi modelde yer almamaktadır. INSPIRE-UN, veriyi mümkün olduğunca kapsamlı ve yüksek çözünürlükte (detay düzeyinde) tutmayı amaçlamış, ama gerektiğinde (ulusal ve Avrupa düzeylerindeki veri paylaşımı) detay düzeyinin azaltılmasına ve geometrinin basitleştirilmesine olanak tanımıştır (Infrastructure for Spatial Information in Europe (INSPIRE), 2013a, ss. 56).

4.2.2 CityGML Teknik Altyapı Ağları Uygulama Uzantısı

CityGML, 3 boyutlu kent modeli verilerinin saklanması ve değişimi/transferi için XML tabanlı bir format sağlayan açık bir veri modelidir. 2012 yılında bir OGC standardı olarak yayımlanan 2.0 versiyonu, GML3 (GML 3.1.1) için bir uygulama şeması sunmaktadır. 3 boyutlu kent nesnelere ait semantik ve konumsal bilgilerin çeşitli detay düzeylerinde temsilini, ayrıca farklı uygulamalar arasında paylaşımını destekler. Model; bina, köprü, kent mobilyası, arazi kullanımı, su kütleleri, tüneller gibi 13 kent nesnesi temasına ait sınıflar içermektedir. Teknik altyapı tesisleri, standardın

mevcut versiyonunda veya geliştirilmekte olan 3.0 versiyonunda yer almamaktadır (Kutzner vd., 2020). Ancak, CityGML'de kapsam dışı tutulan farklı alanlara özgü bilgiler, tanımlanmış sınıfların genişletilmesiyle veya CityGML şema tanımlamalarını temel alan yeni formel XML şemaların geliştirilmesiyle oluşturulan uygulama uzantılarıyla (Application Domain Extension - ADE) modellenebilmektedir (Kolbe, 2009; van den Brink vd., 2013). Biljecki vd. (2018), yayımlanmış 44 farklı uygulama uzantısı bulunduğunu belirlemiştir.

Teknik Altyapı Ağları Uygulama Uzantısı (Utility Network ADE - UNADE), teknik altyapı tesislerine ait bilgilerin CityGML formatındaki kent nesneleriyle entegre bir biçimde temsil edilmesini sağlayan bir uygulama şemasıdır. Başlangıçta afet durumlarında teknik altyapı tesislerinin birbirlerine ve diğer kent nesnelerine etkilerinin simüle edilmesi hedeflenmiş, bu doğrultuda teknik altyapı tesislerinin karşılıklı bağımlılıklarını temsil eden 3 boyutlu bir ağ yapısı önerilmiştir (Becker vd., 2011). Ardından uygulama uzantısı teknik altyapı nesne ile ağlarının fiziksel (Becker vd., 2013) ve işlevsel özelliklerinin temsil edilmesine olanak verecek biçimde güncellenmiştir¹ (Kutzner & Kolbe, 2016).



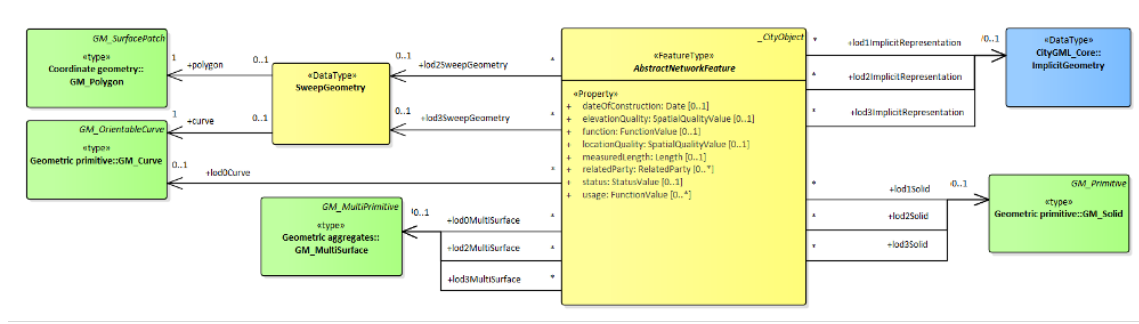
Şekil 4.5 UNADE ağ modeli ve topoloji temsili

UNADE'nin özünü oluşturan ağ yapısı, teknik altyapı tesislerinin hem detaylı 3 boyutlu geometrileriyle topografik hem de iki boyutlu (GM_Point ve GM_Curve temel tipleriyle) topolojik yapıda temsilini sağlamaktadır ((Şekil 4.5). Ağ (Network) sınıfı topografik, AğGrafı (NetworkGraph) sınıfı ise topolojik biçimde temsil edilen ağları ifade eder. SoyutAğDetayı (AbstractNetworkFeature) nesneleri birleşerek Ağ nesnelerini, DetayGrafı (FeatureGraph) nesneleri ise AğGrafı nesnelerini oluşturur. AğGrafı, DüğümNoktası (Node) ve Bağlantı (AbstractLink) nesnelerinden oluşur. Burada bağlantılar; (1) farklı türdeki veya hiyerarşideki ağlar (örneğin, iletim hattı ve dağıtım hattı) arasında, (2) aynı tür ağda farklı nesneler (ör., boru-vana-boru) arasında ya da (3) bir nesnenin başlangıç ve sonu arasında yer alabilir. Bu bağlantılar sırasıyla AğBağlantısı (NetworkLink), DetaylarArasıBağlantı (InterFeatureLink) ve DetayİçBağlantısı (InteriorFeatureLink) sınıflarıyla temsil edilir (Şekil 4.5).

¹<https://github.com/TatjanaKutzner/CityGML-UtilityNetwork-ADE/>

altyapı tesisleri tarafından taşınan maddeler ile maddelerin sıcaklık, yoğunluk, basınç, sıcaklık, iletkenlik, yanıcılık gibi özelliklerini ifade etmektedir. Bu nesneler, ağ (Network sınıfı) ile ilişkilendirilmiştir.

Ağ bileşenlerinin iç ve dış katmanlarının yapım ve malzeme özellikleri, malzeme modülünde Yapı (Construction) MalzemeKatmanı (MaterialLayer) ve Malzeme (Material) sınıflarıyla temsil edilir.



Şekil 4.7 UNADE modelinde ağ bileşen geometrileri

İşlevsel özellikler modülü, altyapı tesislerinin ve ağlarının işlevleri ile hizmet sundukları bölgeleri tanımlamak için kullanılmaktadır. Bir teknik altyapı ağının beslediği alan, BeslemeAlanı (SupplyArea) sınıfı ile temsil edilebilir. Bu sınıf, CityGML modelinde yer alan KentNesneGrubu (CityObjectGroup) sınıfının alt sınıfıdır. Böylelikle, bir ağın beslediği bölge kent ile ilişkilendirilebilmektedir. Bu ilişki, işletme sürecindeki olası hizmet kesintilerinden etkilenecek nüfus, yapı ve bölgelerin belirlenmesini sağlar (Kutzner & Kolbe, 2016). Altyapı tesisleri ile kent nesnelerini ve bunların arasındaki ilişkileri temsil etmek, farklı kullanım durumlarının gerektirdiği coğrafi analizleri yapabilmek için coğrafi veri yönetim sistemlerine gereksinim duyulur. CityGML formatındaki verilerin yönetimi için geliştirilmiş bir veri tabanı şeması sunan 3DCityDB (Yao vd., 2018), UNADE için de kullanılabilir (Boates vd., 2018). Örneğin, den Duijn vd. (2018), teknik altyapı tesisleri ile kent nesneleri arasındaki ilişkileri temsil etmek üzere Rotterdam şehrindeki alçak gerilimli elektrik hatları ile su şebekesine ait yer altındaki kablo ve borular için ADE sınıflarını, yer üstündeki direkler ve menholler için ise CityGML sınıflarını kullanarak bir veri tabanı oluşturmuş, böyle bir yaklaşımla 3 boyutlu altyapı ağ analizlerinin 3 boyutlu kent modelleri kapsamında gerçekleştirilebileceğini göstermiştir. Benzer biçimde Boates vd. (2018), su dağıtım şebekesine ait coğrafi verileri CityGML verileriyle entegre ederek, toplam şebeke hacminin hesaplanması ve depolar ile binalar arasında güzergah analizlerini gerçekleştirmiş; Vishnu ve Saran (2018), su dağıtım şebekesi elemanlarının devre dışı kalması halinde etkilenen bölgeleri ve teknik altyapı tesislerinin bulundukları yol alanlarını sorgulayarak belirlemiştir. Ayrıca, modelin işlevselliğini artırmak amacıyla genişletilmesini öneren kimi çalışmalar bulunmaktadır. Fossatti vd. (2020), farklı sektörlerle ait tesislerin bakım ve onarım

faaliyetlerinde bu modelin genişletilerek kullanılabileceğini ortaya koymuştur. olde Scholtenhuis vd. (2018), kablo ve boru gibi dağıtım tesislerine ait coğrafi veri kalitesinin (konum doğruluklarının) modele dahil edilmesi için bir eklenti önermiş, böylelikle tesislerin konum belirsizlikleriyle beraber görselleştirilebilmesini sağlamıştır.

4.2.3 LandInfra/InfraGML Tesisler

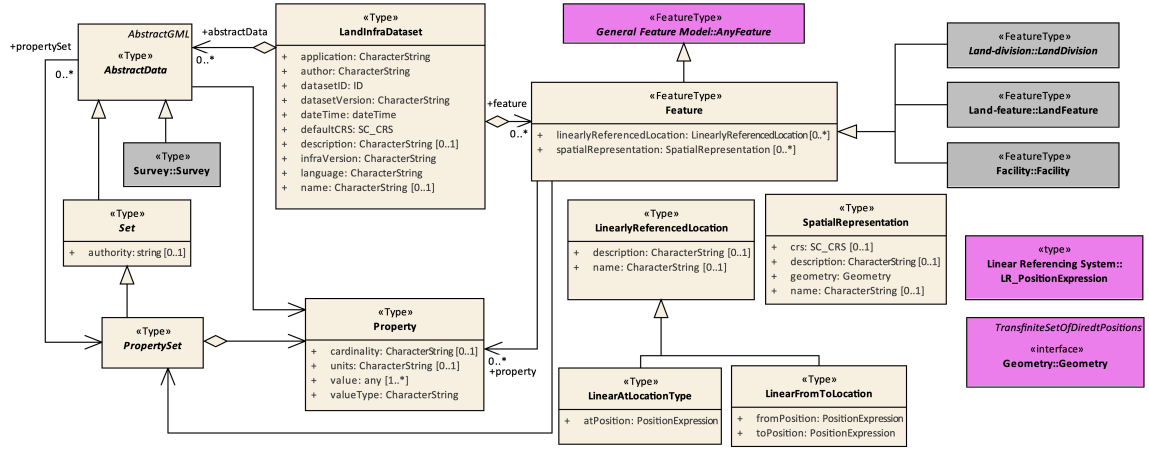
2016 yılında OGC standardı olarak yayımlanan Arazi ve Altyapı Kavramsal Modeli (Land and Infrastructure Conceptual Model, LandInfra), inşaat mühendisliği altyapı tesislerine ve araziye ilişkin kavramlar ve kavramlar arasındaki ilişkileri tanımlayan, uygulamadan bağımsız bir model sunmaktadır (OGC, 2016). Model, karayolu, demiryolu, köprü gibi altyapı tesislerine ait projelendirme ve ölçme süreçlerindeki coğrafi veri yönetimini desteklemektedir. LandInfra, teknik altyapı tesislerinden yalnızca ıslak altyapılar olarak tanımlanan drenaj, su dağıtımı ve atık su altyapı tesislerini içermektedir; ancak mevcut versiyonda bu sınıflar detaylandırılmamıştır. Elektrik, telekomünikasyon, doğal gaz gibi teknik altyapı tesislerine ait projeler ile fiziksel bileşenleri kapsam dışı tutulmuştur.

LandInfra’da birbirleriyle bağlantılı olan konular belirlenmiş ve kavramsal modelleri UML paketleri biçiminde sunulmuştur. Bunlar; Öz (Core), Tesis (Facility), Proje (Project), DoğrusalReferanslandırma (Alignment), Karayolu (Road), Demiryolu (Railway), Ölçme (Survey), Arazi (LandFeautre), AraziBölümü (LandDivision), BinaBağımsızBölüm (Condominium) paketleridir. 2017 yılında yayımlanan InfraGML standardı, LandInfra’da belirlenen sekiz temaya ait GML uygulama şemalarını (paketleri) tanımlamaktadır². Modelin kapsadığı tesislere ait bileşenler Tesis paketinde; bunlara ait projelere ilişkin bilgiler Proje paketinde temsil edilmektedir. Ölçme paketi, Ölçme cihazlarına, ham gözlemlere ve kestirimlere yönelik bilgilerin temsiline olanak verir. Fiziksel nesnelerin bir doğrusal referans sisteminde konumlandırılması için gereken tanımlamalar DoğrusalReferanslandırma paketinde sunulmaktadır. AraziBölümü paketinde, idari ya da mülkiyet durumuna göre bölümlendirilmiş araziler temsil edilmektedir (Bölüm 4.3.1.3).

Her uygulama şemasının LandInfra (öz model) gereksinimlerini sağlaması gerekmektedir (OGC, 2017a). Şekil 4.8, bir LandInfra veri setinin (LandInfraDataset) tanımlayıcı bilgileri, tüm paketlerde yer alan Detay (Feature) nesnelerini ve soyut verileri (AbstractData) tanımlayan öz paketi göstermektedir.

Detay sınıfı, gerçek dünya nesnelerini (feature) temsil eden detayları kapsar. ISO 19109:2015 standardında tanımlanan ve tüm detay nesneleri için ortak bir sınıf olan HerhangiBirDetay (AnyFeature) sınıfından türetilmiştir. Detaylar, doğrusal

²<https://www.ogc.org/standards/infragml>

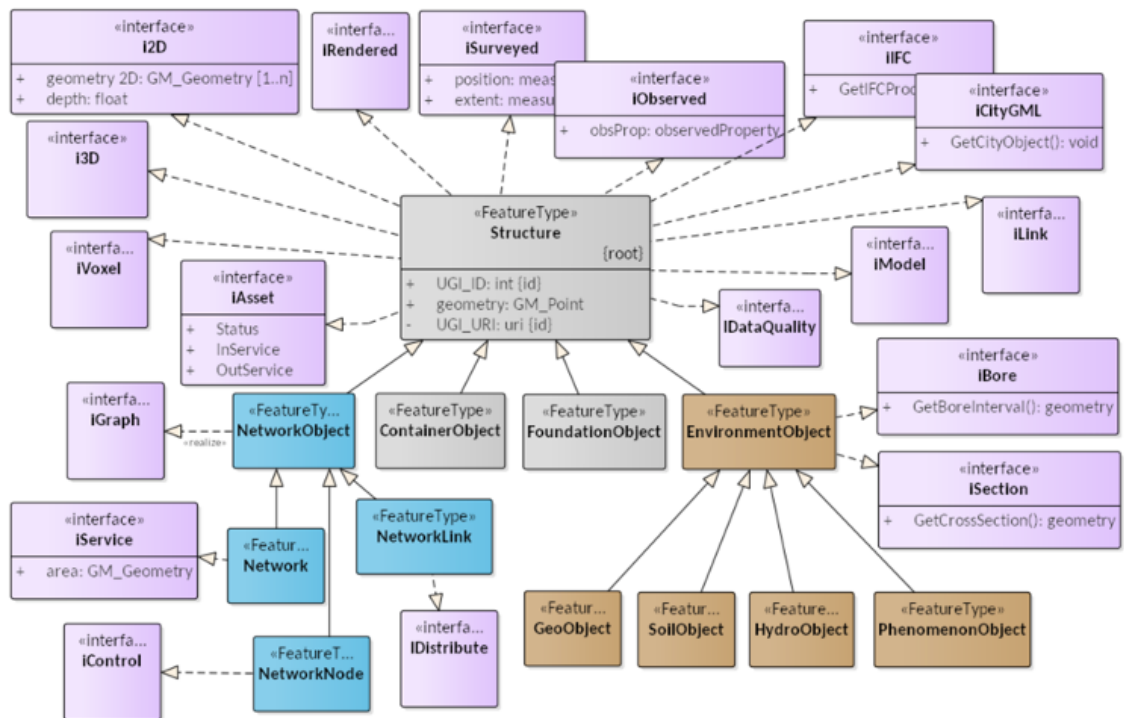


Şekil 4.8 LandInfra öz paketi

referanslandırma kullanılarak (linearlyReferencedLocation) ve/veya coğrafi olarak koordinat ve geometrileriyle (spatialRepresentation) temsil edilebilir. Doğrusal referanslandırma için ISO 19148:2012 standardında tanımlanan konum ifadesi (LR_PositionExpression) kullanılmaktadır. Coğrafi temsil için, LandInfra ve InfraGML'in yayımlandığı tarihlerde taslak halde bulunan ISO 19107:2019 standardında yer alan geometri temelleri (primitive) kullanılmıştır. Bir veri seti (LandInfraDataSet, LandInfraVeriSeti), tanımlayıcısı, versiyonu, tarihi, dili, uygulaması gibi özellikleri ile tanımlanır ve Detay ile SoyutVeri sınıflarından türetilen detay ve tanımlamaları içerir. Bu sınıflar ve LandInfraVeriseti arasındaki toplama (aggregation) ilişkileri, farklı paketlere/temalara ait veri ve tanımlamaların aynı veri setinde yer almasına olanak verir.

Islak altyapı tesisleri olarak belirlenen drenaj, su dağıtım ve atık su tesisleri Tesis paketinde yer almaktadır (OGC, 2017b). Şekil 4.9, bu pakete ait temel sınıflar ile ilişkilerini göstermektedir. Tesis sınıfı, tesisin tanımlayıcısı, coğrafi sınırları ile mevcut durumunu (örneğin, planlanan, sökülmiş, kullanımda, proje aşamasında vb.) belirten özniteliklerini içerir. Tesisler, ıslak teknik altyapı tesisleri, bina bölümleri, karayolu veya demiryolu gibi temalara ait bir ya da birden fazla bileşenden oluşabilir. Bu bileşenler TesisBileşeni (FacilityPart) sınıfı ve her bir temaya özgü alt sınıflarla temsil edilmektedir. Farklı bileşenler arasındaki ilişkiler TesisBileşenİlişkisi (FacilityPartRelationship) sınıfıyla temsil edilir. FizikselEleman (PhysicalElement) soyut sınıfı, tesis bileşenlerinin birleşerek oluşturduğu fiziksel tesisleri ifade eder. Tesis ve bileşenleri, öz modelde tanımlanan Detay üst sınıfından türetilmiştir; konumsal özellikleri bu sınıftan aktarılan özelliklerle temsil edilir. Tesis paketinde, tesisler ve onları oluşturan bileşenler ile ilgili genel tanımlamalara yer verilmiştir. Farklı temalara özgü tesisler, diğer paketlerde detaylandırılmıştır. Örneğin, Bina (Building), BağımsızBölüm (Condominium) paketinde bina bölümlerini içerecek biçimde detaylandırılmaktadır. Karayolu ve

farklı kaynak, sistem ve şemadaki yeraltı verilerinin birlikte kullanımını sağlamayı amaçlar. Bu doğrultuda, mümkün olduğunca mevcut veya geliştirilmekte olan modellerden (örneğin, INSPIRE/IMKL, CityGML, GeoSciML) yararlanılmış, bunlarla eşleştirilerek ilişkileri ortaya konmuştur. Böylelikle, CityGML Utility Network ADE, INSPIRE, IMKL, GeoSciML gibi modellere uygun biçimde üretilmiş bulunan ayrık veri setlerinin birlikte kullanılarak etkinliklerinin artırılması amaçlanmıştır. Ayrıca, yeraltı altyapı bilgisinin doğrudan ölçme, sensör bilgileriyle ilişkilendirilebilmesi ve spesifik uygulamaların desteklenmesi için esnek bir yapıda tasarlanmıştır. Modelin yayımlanan versiyonu, (1) rutin sokak kazıları, (2) büyük ölçekli inşaat projelerinin planlanması, tasarımı ve yapımı ile (3) afet planlama uygulamalarında/kullanım durumlarında yeraltı tesislerine yönelik gereksinim duyulan coğrafi verileri kapsar. Bu uygulamalar birbirlerinden farklı detay düzeyinde coğrafi verilere gereksinim duymaktadır. Modelin farklı kullanım durumlarının/uygulamaların gerektirdiğinden daha detaylı ve karmaşık olmaması için modüler bir yapı benimsenmiştir. Bu doğrultuda modelde hem yeraltı ortamına ilişkin hem de gömülü teknik altyapı tesislerinin temel geometrik ve fiziksel özelliklerini içeren bir öz (core) model ve öz modeldeki sınıflarla ilişkili, isteğe bağlı olarak etkinleştirilebilen eklenti veya ara yüzler (interface) bulunmaktadır (Şekil 4.10).



Şekil 4.10 MUDDI Öz Modeli ve Arayüzler. Eflatun renk arayüzleri, diğer renkler öz modele ait sınıfları göstermektedir (Lieberman, 2019)

Öz modelin olanak verdiğinden daha ayrıntılı geometrik ve işlevsel özelliklere ait bilgilerin bu arayüzler aracılığıyla ifade edilmesi öngörülmüştür. Arayüzler, öz modeldeki sınıflara yeni öznitelikler ve/veya işlemler eklemektedir. Örneğin, nesnelerin

detaylı geometrileri I2D, I3D ve/veya IVoxel arayüzleriyle ifade edilmektedir. Çeşitli simülasyonlar için gerekli parametreler, IModel arayüzü ile eklenir. Tesislerin bakımına, konumlarının belirlenmesine ve veri kalitesine yönelik bilgiler, sırasıyla, IAsset, ISurveyed ve IDataQuality arayüzlerinin gerçekleştirimiyle ifade edilir. Bu modüler yapı, IFC veya CityGML gibi diğer veri modellerinden kavramların entegre edilmesine olanak verir. ICityGML ve IIFC arayüzlerinde, CityGML ve IFC formatındaki verilerin kullanımı için gereken işlemler (GetCityGML, GetIFC) belirtilmektedir. Öz model; (1) yeraltına ilişkin yapısal özellikleri, (2) ağ biçiminde temsil edilen teknik altyapı nesnelerini (3) muhafaza elemanlarını, (4) destekleyici elemanları ve (5) yeraltı ortamına ait özellikleri temsil eden beş temel sınıf içermektedir. Yapı (Structure) sınıfı; tanımlayıcı, şekil, renk, malzeme, durum gibi, tüm yeraltı nesnelere ait ortak özellikleri içermektedir (Şekil 4.10). AğNesnesi, (NetworkObject), teknik altyapı ağları için temel sınıftır; Ağ (Network) ile ağı oluşturan DüğümNoktası (NetworkNode) ve düğüm noktalarını bağlayan AğBağlantısı (NetworkLink) nesnelerini temsil eden alt sınıfları içerir. Ağlarda yer alan kontrol ve denetim elemanlarına ilişkin öznitelikler IControl ve IDistribute arayüzlerinin gerçekleştirimi ile eklenir. Bu öznitelikler, düğüm noktasının kaynak noktası, nihai nokta, açık veya kapalı olma durumu, ya da kenar/hattın akış yönü, hızı vb. olabilir. Bir ağın ya da ağ bileşeninin etkin olduğu bölgeyi temsil etmek IService arayüzü kullanılmaktadır. MUDDI modeli, halen Amerika İnşaat Mühendisleri Birliği tarafından geliştirilen ve endüstri standardı olarak yayımlanması beklenen taslak as-built standardında (teknik altyapı verilerinin kaydedilmesi ve değişimi - Recording And Exchanging Utility Infrastructure Data) (ASCE, 2018) belirtilen veri gereksinimlerini karşılayacak biçimde geliştirilmekte ve modele tesislerin ölçme, konum doğruluğu, veri kalitesi, malzeme kapasite gibi özellikleri dahil edilmektedir (Lieberman & Roensdorf, 2020)³.

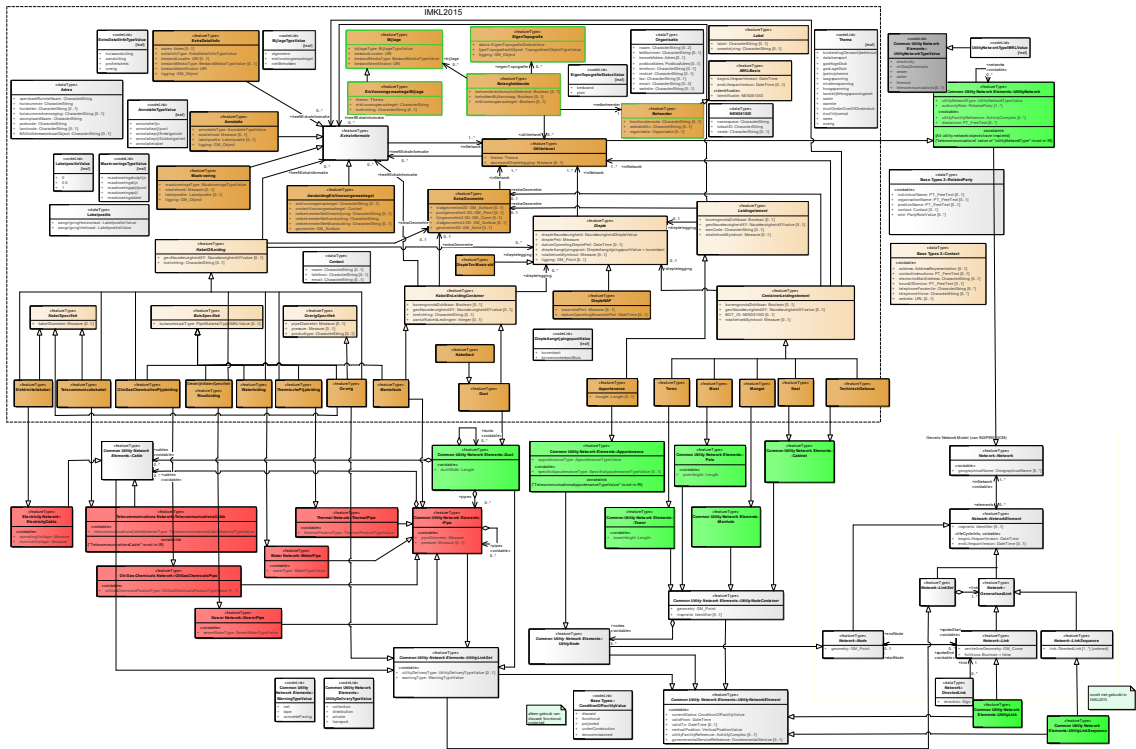
4.2.5 Kablo ve Boru Hatları Veri Modeli (IMKL)

Hollanda'da KLIC sisteminde (bkz Bölüm 2.3.4), veri değişiminin vektörel formatta ve standart bir şemaya uygun biçimde gerçekleştirilmesi için IMKL (Informatiemodel Kabels en Leidingen) uygulama şeması kullanılmaktadır. Teknik altyapı kuruluşları, coğrafi verilerini bu şemaya uygun biçimde sunmakla yükümlü tutulmuştur. IMKL, ulusal coğrafi veri standartları kurumu olan Geonovum tarafından ulusal mevzuat hükümlerine uygun biçimde INSPIRE-UN veri teması temel alınarak geliştirilmiştir (Ribberink, 2017). IMKL modeli, (1) planlanan inşaat çalışmasında alınması gereken güvenlik önlemleri, taraflara ilişkin veriler, çalışma bölgesinin sınırları, planlanan kazı tarihi ve süresi gibi inşaat sürecine ilişkin veriler, (2) INSPIRE-UN modeli tarafından sunulan teknik altyapı tesislerine ait 2 boyutlu coğrafi veriler ve öznitelik verileri ve

³<https://github.com/opengeospatial/muddi>

(3) INSPIRE-UN modelinde kapsam dışı tutulan teknik altyapı tesislerine ait derinlik verisi ve özellikleri ile 3 boyutlu temsile yönelik tanımlamalar içermektedir. Model 3 boyutlu temsil için harici belgelerin eklenmesine de olanak vermektedir (van den Brink vd., 2017).

Şekil 4.11, IMKL modeli uygulama şemasını INSPIRE altyapı veri teması ile birlikte göstermektedir. Burada turuncu renk IMKL sınıflarını; kırmızı, INSPIRE Altyapı Ağları Modeli'nde kablo ve boruları; yeşil ve gri, ortak ağ elemanlarını; beyaz, soyut sınıfları göstermektedir.



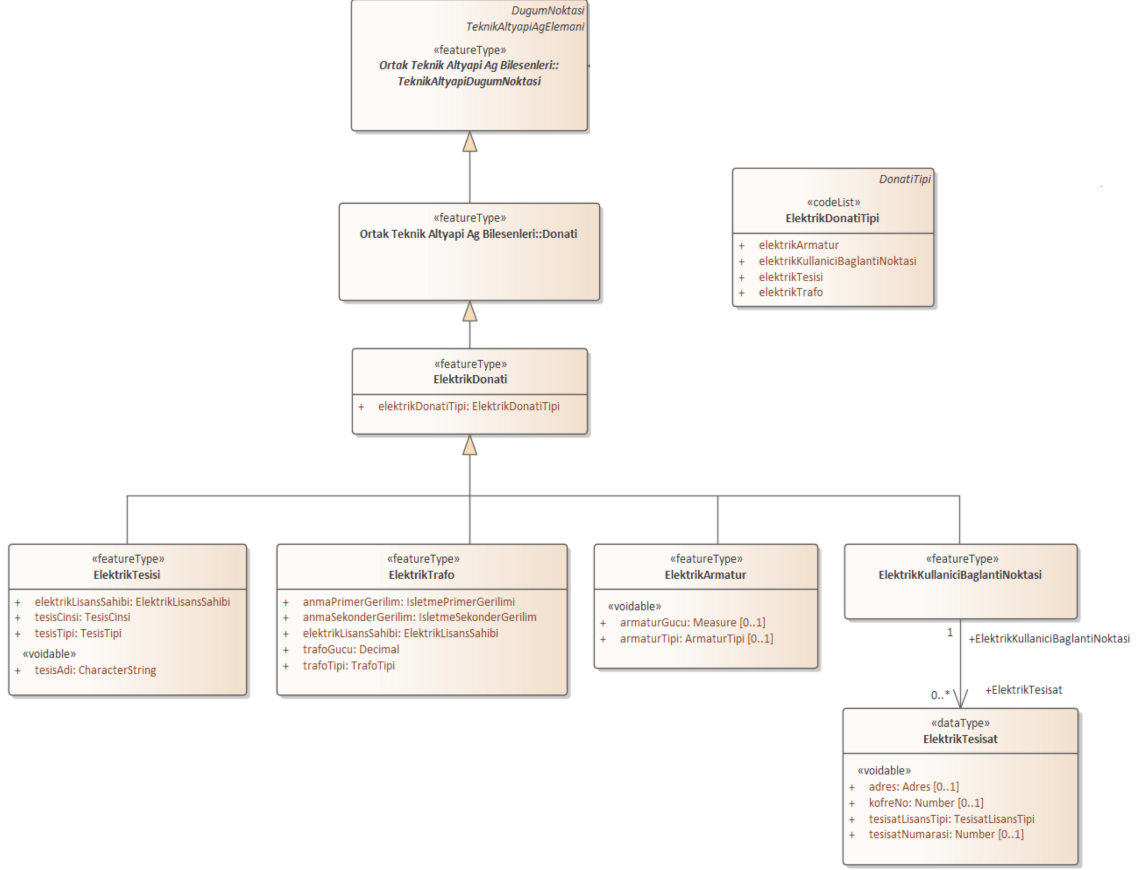
Şekil 4.11 IMKL UML uygulama şeması. (van den Brink vd., 2017)

4.2.6 TUCBS Altyapı Ağları Veri Teması

Türkiye Ulusal Coğrafi Bilgi Sistemi Projesi kapsamında geliştirilen 32 veri temasından biri, Altyapı (TUCBS-AY) veri temasıdır. Veri temasının içeriği, Altyapı Veri Tanımlama Dokümanında detaylandırılmıştır (CBSGM, 2020). Veri temasında, (1) idari ve sosyal hizmetler uygulama şeması, (2) çevre yönetim tesisleri uygulama şeması ve (3) Teknik altyapı ağları profili yer almaktadır. Uygulama şemalarının; altyapı kaynaklarının planlanması, su kaynaklarının yönetimi, arazi kullanımı, kıyı alanlarının yönetimi, tehlikeli atıkların yönetimi, ulusal çevre eylem planlarının hazırlanmasında kullanımı öngörülmüştür.

TUCBS.AL veri teması, INSPIRE Altyapı Ağları veri teması temel alınarak ve Türkçeye

çevrilerek, teknik altyapı kurumlarının görüşleri, mevcut veri yapıları ve gereksinimleri doğrultusunda geliştirilmiştir. Tema, yedi paketi (uygulama şemasını) içermektedir. Bunlar, ortak şebeke elemanları, elektrik ağı, petrol gaz ve kimyasal ağı, atık su ağı, su ağı, termal ağı, elektronik haberleşme ağı uygulama şemalarıdır.



Şekil 4.12 TUCBS Elektrik Ağlarında Donatılar

Şekil 4.12’de elektrik ağları uygulama şeması görülmektedir. ElektrikDonati sınıfının nesne örnekleri; elektrik armatürü, elektrik kullanıcı bağlantı noktası, elektrik tesis veya elektrik trafosu olabilir.

Uygulama şemalarında, su ve atık su ağları uygulama şemalarında yer alan iki sınıf haricinde, tüm nesneler ağ topolojisine (düğüm-hat-düğüm) uygun biçimde, nokta ve çizgi geometrileriyle temsil edilmektedir. Su ve atık su ağları uygulama şemalarında, bazı tesisler yüzey geometrileriyle ile temsil edilmektedir. Nesneler 3 boyutlu temsil edilmemekte, ancak birkaç detay sınıfında derinlik-yükseklik gibi öznelilikler yer almaktadır. Şemalar, teknik altyapı tesislerinin fiziksel ve konumsal özellikleri, verilerin konumsal doğruluğu gibi öğeleri içermekte, ayrıca kartografik gösterimlerine yönelik kurallar sunmaktadır. Tablo 4.1’de INSPIRE-UN, TUCBS-AY ve IMKL uygulama şemalarında fiziksel nesnelerin temsil edildiği sınıflar gösterilmektedir.

Tablo 4.1 INSPIRE-UN, TUCBS-AY ve IMKL uygulama şemalarında fiziksel nesnelere ait sınıflar

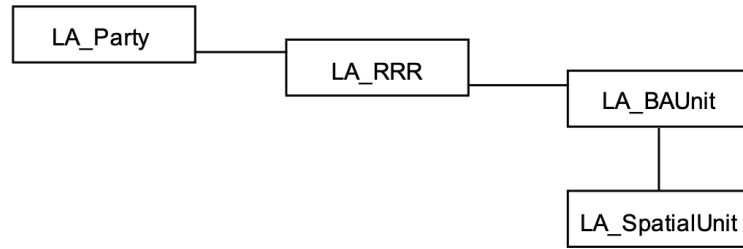
Nesne	INSPIRE-UN	TUCBS-AY	IMKL
Şebeke	Comon Utility Network Elements:: UtilityNetwork Comon Utility Network Elements:: Pipe Electricity Network:: ElectricityCable Telecommunications Network::TelecommunicationsCable	Ortak Teknik Altyapi Ag Bilesenleri::TeknikAltyapiAgi Ortak Teknik Altyapi Ag Bilesenleri:: Boru AtikSuAgi::AtikSuHat PetrolGazKimyasalAgi:: PetrolGazKimyasalHat SuAgi:: SuHatti TermalAgi:: TermalHat ElektrikAgi:: ElektrikHatti ElektronikHaberlesmeAgi::ElektronikHaberlesmeHat	Utiliteitsnet Elektricitetskabel Telecommunicatiekabel Telecommunicatiekabel Rioolleiding Waterleiding ThermischePijpleiding Overig
Hat	Oil-Gas-Chemicals Network:: OilGasChemicalsPipe Sewer Network:: SewerPipe Water Network:: WaterPipe Thermal Network:: ThermalPipe		
Bağlantı Elemanı	Common Utility Network Elements:: Appurtenance	Ortak Teknik Altyapi Ag Bilesenleri:: Donati AtikSuAgi:: AtikSuDonati AtikSuAgi:: AtikSuDugumNoktasi AtikSuAgi:: AtikSuBaca AtikSuAgi:: DesariNoktasi SuAgi:: SuDonati SuAgi:: SuServisKutusu TermalAgi:: TermalDonati PetrolGazKimyasalAgi:: PetrolGazKimyasalDonati PetrolGazKimyasalAgi:: IletimIstasyon PetrolGazKimyasalAgi:: DagitimIstasyon PetrolGazKimyasalAgi:: DepolamaTesis PetrolGazKimyasalAgi:: ServisKutusu ElektrikAgi:: ElektrikDonati ElektrikAgi:: ElektrikTesis ElektrikAgi:: ElektrikTrafo ElektrikAgi:: ElektrikArmatür ElektrikAgi:: ElektrikKullaniciBaglantiNoktasi PetrolGazKimyasalAgi:: Vana ElektronikHaberlesmeAgi:: ElektronikHaberlesmeSantral SuAgi:: SuDonati SuAgi:: SuServisKutusu TermalAgi:: TermalDonati TermalAgi:: TermalIstasyon TermalAgi:: TermalVana TermalAgi:: TermalIsiMerkezIsitmaAlani	Appurtenance
Bağlantı Elemanı Taşıyıcı/ Muhafaza	Common Utility Network Elements::Tower Common Utility Network Elements::Pole Common Utility Network Elements::Cabinet Common Utility Network Elements::Manhole	Ortak Teknik Altyapi Ag Bilesenleri:: Kule ElektronikHaberlesmeAgi:: ElektronikHaberlesmeAnten Ortak Teknik Altyapi Ag Bilesenleri:: Direk ElektrikAgi:: ElektrikDirek ElektronikHaberlesmeAgi::ElektronikHaberlesmeDirek Ortak Teknik Altyapi Ag Bilesenleri:: Kabin ElektrikAgi:: ElektrikDagitimPanosu ElektronikHaberlesmeAgi::ElektronikHaberlesmeKabin Ortak Teknik Altyapi Ag Bilesenleri:: Menhol ElektronikHaberlesmeAgi::ElektronikHaberlesmeMenhol	Toren Mast Mangat Kast TechnischGebouw
Erişim Noktası /Menhol	Common Utility Network Elements::Manhole	Ortak Teknik Altyapi Ag Bilesenleri:: Menhol	Mangat TechnischGebouw
Hat Koruyucu /Taşıyıcı Nesne	Comon Utility Network Elements:: Duct Comon Utility Network Elements:: Pipe	Ortak Teknik Altyapi Ag Bilesenleri:: Tranşe ElektronikHaberlesmeAgi:: ElektronikHaberlesmeTranşe PetrolGazKimyasalAgi:: IletimIstasyon PetrolGazKimyasalAgi:: DagitimIstasyon PetrolGazKimyasalAgi:: DepolamaTesis	Duct Kabelbed Mantelbuis
Teknik Bina	-		TechnischGebouw

4.3 Arazi Bilgi Yönetimine Yönelik Coğrafi Veri Modelleri

4.3.1 Arazi Bilgi Yönetimi Alan Modeli

ISO 19152:2012 Arazi Bilgi Yönetimi Alan Modeli (Land Administration Domain Modeli - LADM), arazi yönetiminin hukuki ve konumsal boyutuna ilişkin, bütün ülkelerin kadastral sistemleriyle uyumlu, kavramsal bir model sunan uluslararası bir standarttır. Model, arazi bilgi yönetimi kapsamında ülkelerin hukuki tanımlamalarına veya verilerin fiziksel yapılarına yönelik bir standart getirilmesini amaçlamamakta, temel olarak kişiler ve arazi arasındaki hukuki ilişkilerin tanımlanmasına yönelik standart formel bir yapı sunmaktadır (ISO, 2012).

LADM modelinde, kadastral sistemlerin temelini oluşturan kişi-hak-taşınmaz ve arasındaki ilişkiler; taraflar (LA_Party), hak, kısıtlama ve sorumluluklar (LA_RRR), temel idari birim (LA_BAUnit) ile konumsal birim (LA_SpatialUnit) sınıfları ve bu sınıflar arasında tanımlanan ilişkiler ile temsil edilir (Şekil 4.13).



Şekil 4.13 LADM'nin temel sınıfları (ISO, 2012)

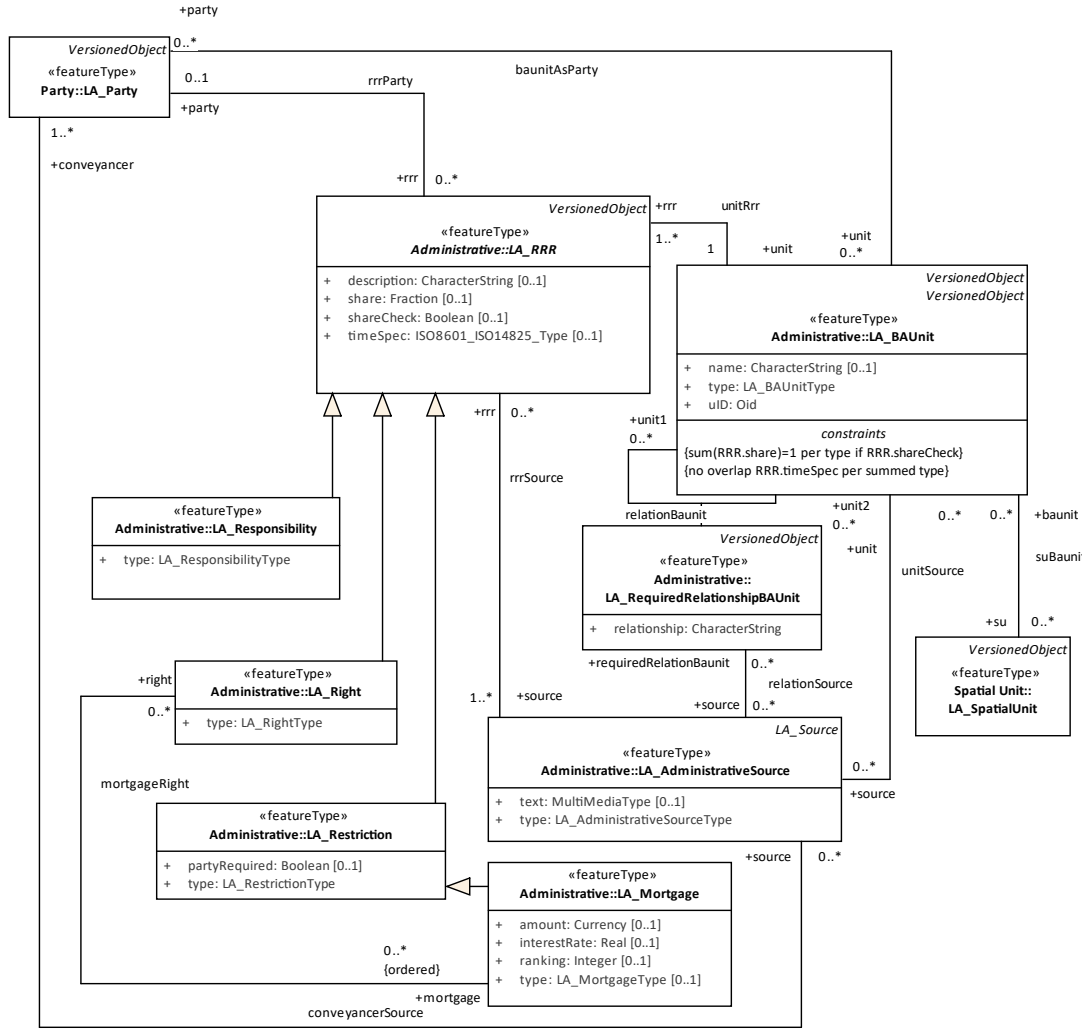
LADM; Taraf (Party), İdari (Administrative) ve Konumsal Birim (Spatial Unit) olmak üzere üç ana paket içermektedir. Ana modele dahil olan ölçme ve temsil (Surveying and Representation) paketi, Konumsal Birim paketinin alt paketidir.

4.3.1.1 Taraflar

Taraf paketinde gerçek ve tüzel kişiler ile gruplar ve bunlara ait tanımlayıcı bilgiler tanımlanmaktadır. Taraf paketinin nesne örneği (instance) taraftır. Taraflar, bir temel birim (LA_BasicAdministrativeUnit) üzerinde hak, kısıtlama veya sorumluluk sahibi olan kişi/kişiler olabileceği gibi; tescilOlanTasinmaz (baUnitAsParty) yine bir temel birim (BasicAdministrativeUnit) olabilir (Şekil 4.14).

4.3.1.2 Tescil Birimi ile Hak, Kısıtlama ve Sorumluluklar

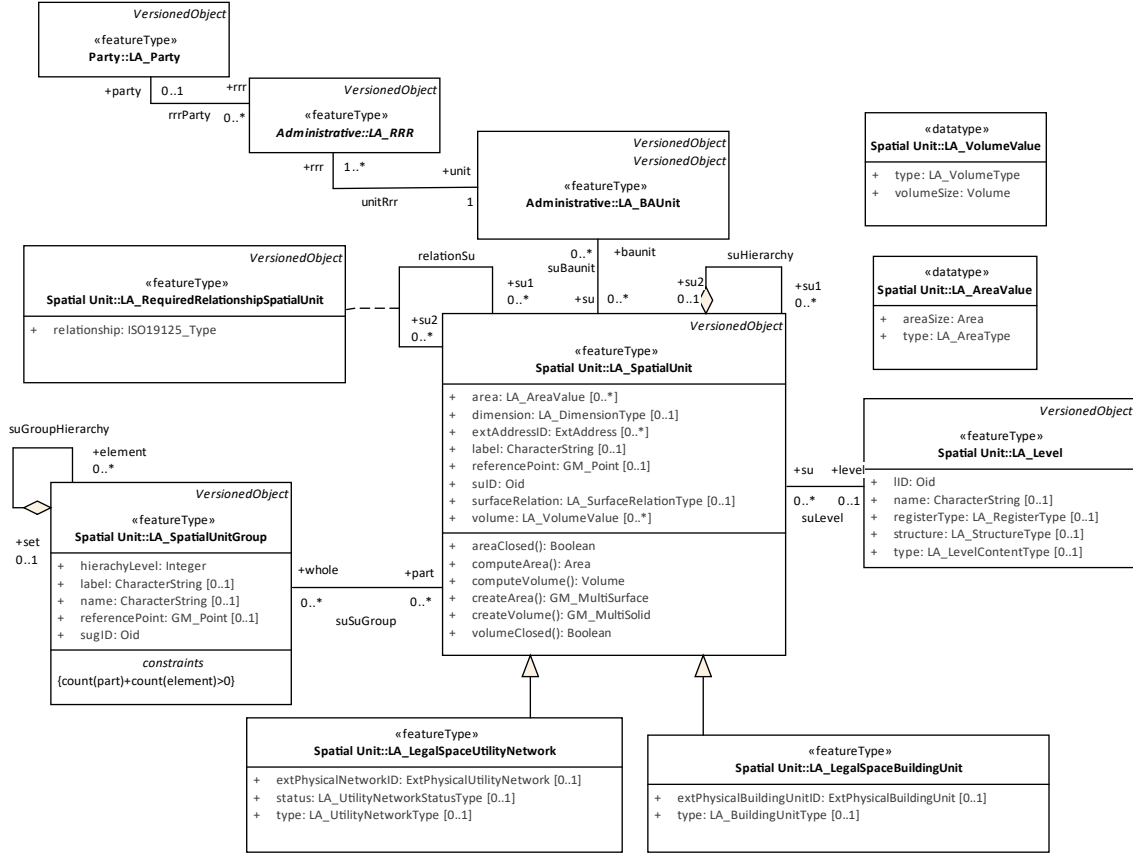
İdari paketteki sınıflar ve ilişkiler (Şekil 4.15), arazi yönetiminde kaydedilen temel birimler (LA_BAUnit); bu birimler üzerindeki hak (LA_Right), kısıtlama



Şekil 4.15 İdari Paket Sınıfları (ISO, 2012)

Konumsal birimlerin konum doğruluklarının yeterli olmaması nedeniyle, konumsal analizler (çakıştırma -overlay- analizi vb.) güvenilir sonuçlar vermeyebilir. LA_RequiredRelationshipSpatialUnit sınıfı, konumsal birimler arasındaki ilişkileri yazılı biçimde ifade etmek için kullanılmaktadır (Şekil 4.16).

Katman (LA_Level) sınıfı, geometrik veya tematik bütünlük gösteren konumsal birimleri gruplandırmak için kullanılmaktadır. Örneğin, kentsel ve kırsal katmanlar, noktasal, çizgisel ve alansal konumsal birim katmanları veya teknik altyapı tesisleri birer katman oluşturabilir (Lemmen vd., 2011). Bu yaklaşım, Kadastro 2014'te tanımlanan ve 'yasal bağımsızlık' (legal independence) olarak adlandırılan kavramla örtüşmekte ve konumsal birimlerin tanımlı oldukları mevzuata göre sınıflandırılmalarını sağlamaktadır (Lemmen vd., 2010). Şekil 4.17'da parseller 1'inci katmanda, teknik altyapı tesisine ait yasal nesne 2'inci katman ile temsil edilmektedir. Bu yaklaşımla, bir katman yalnızca birden fazla parselin altından geçen altyapı nesnelerinin tamamını içerir ve ağın bütününe sorgulanması mümkün olur.

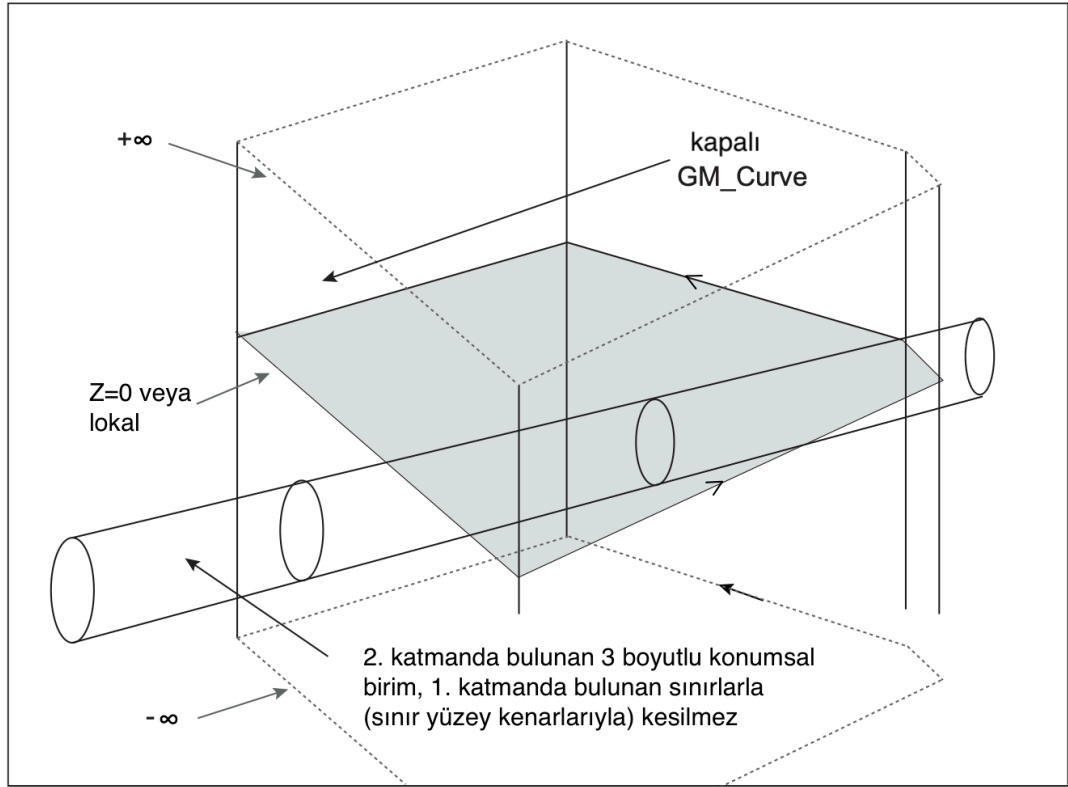


Şekil 4.16 Konumsal Birim Paketi Sınıfları (ISO, 2012)

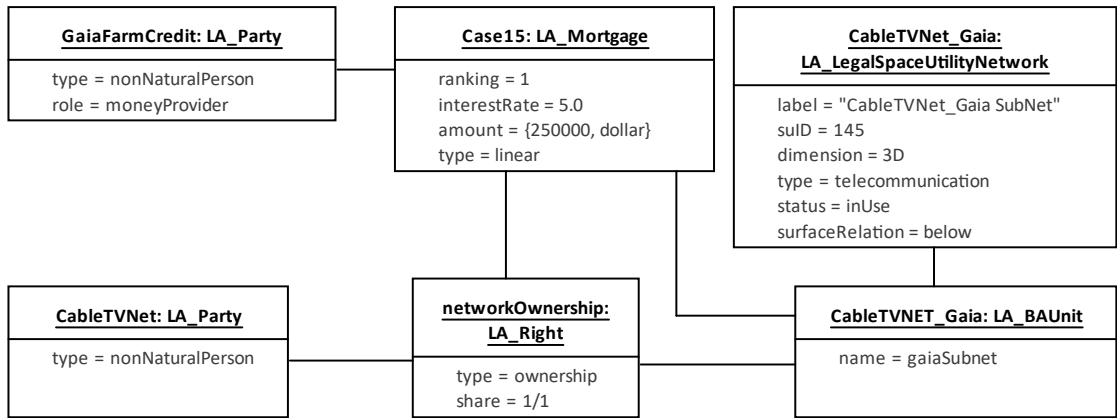
Şekil 4.18’de, teknik altyapı ağı üzerinde kurulan bir rehin hakkının veri örneği (instance) düzeyinde temsili gösterilmektedir. Taraflar, banka (GaiaFarmCredit:LA_Party) ve kablo televizyon ağının sahibi olan kuruluştur (CableTVnet:LA_Party). CableTVNet_BAUnit, taşınmaz birimini, (tescil edilen teknik altyapı ağının yasal hacmini) ifade eder. networkOwnership:LA_Right, teknik altyapı ağı üzerindeki mülkiyet hakkını ifade eder. Bu hak, kablo tv kuruluşuna (CableTVnet:LA_Party) aittir ve mortgage (LA_Mortgage) ile kısıtlanmaktadır. LA_Mortgage, aynı zamanda banka ile taşınmaz birimi arasında bir hakkı ifade eder.

Konumsal bilgilerin üretimine ait veriler ile geometrik ve topolojik temsilleri, sınırların nokta (LA_Point), çizgi (LA_BoundaryFaceString) veya alan (LA_BoundaryFace) tipinde temsili sağlayan sınıflar ile sınırlara ait konumsal bilginin kaynağını belirten LA_SpatialSource sınıflarından oluşan Ölçme ve Temsil alt paketinde detaylandırılmaktadır (Şekil 4.19).

LADM, arazi idaresine ilişkin farklı kaynaklarda yer alan bilgilerin ilişkilendirilmesine olanak sağlar. Ancak ana model, yalnızca kişiler ve yasal olarak tanımlanan konumsal nesneler arasındaki hukuki ilişkilerin tanımlanmasına odaklanır. Bu yaklaşımla,



Şekil 4.17 LADM Katman Kavramı (ISO, 2012)



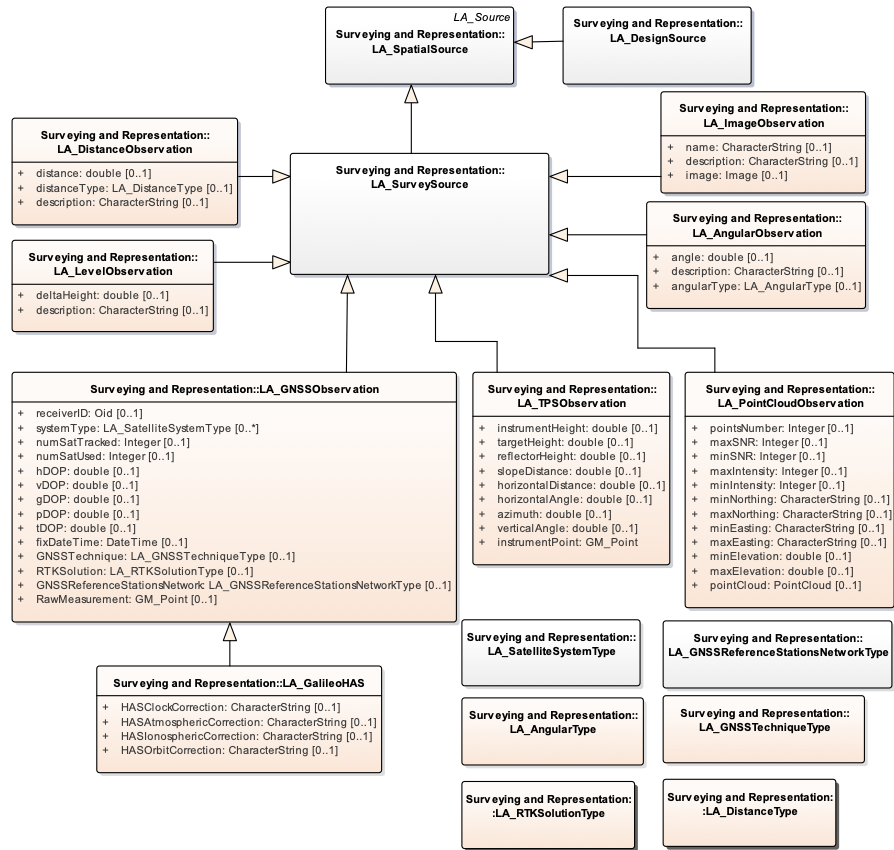
Şekil 4.18 Bir teknik altyapı ağının mülkiyeti ile üzerinde kurulan ipotekin nesne örneği düzeyinde gösterimi (ISO, 2012)

arazi idaresiyle ilişkili farklı kaynaklarda yer alan arazi kullanımı, değerlendirme, arşiv ile binaların ve altyapıların fiziksel yapıları gibi diğer bilgi sistemlerinde tutulan veriler, harici sınıflar ile temsil edilmektedir. LADM kapsamında bu harici sınıflar detaylandırılmamıştır. Altyapı tesislerine ilişkin fiziksel bilgileri içeren ExtPhysicalUtilityNetwork sınıfı ile hukuki bilgileri içeren LA_LegalSpaceUtilityNetwork arasında tanımlanan ilişki, teknik altyapı tesislerine ilişkin yasal ve fiziksel sınırların ilişkilendirilmesine olanak tanır (Lemmen vd., 2011).

Georegulation)

- ISO 19152-4 – Taşınmaz Değerleme (Valuation Information)
- ISO 19152-5 – Mekansal Planlama (Spatial Plan Information)
- ISO 19152-6 – Uygulamalar (Implementations)

Standardın güncelleme ve revizyon çalışmaları kapsamında sadece yeni bölümler oluşturulmayacak, ayrıca var olan bazı kısımları da zenginleştirilecek ve geliştirilecektir. Örneğin, taşınmaz ölçümlerine ilişkin ayrıntılı tanımlamalar sunan LandInfra/InfraGML standardından yararlanarak, LADM'nin ölçme ve temsil paketi geliştirilecektir (Kalogianni vd., 2021). Şekil 4.20'te LandInfra/InfraGML standardının ölçmeye ilişkin yaptığı tanımlamaların, LADM standardına eklenmesi amacıyla yürütülen çalışmanın bir bölümü gösterilmektedir. Bu kesitten, LADM'nin yeni versiyonunun, taşınmaz ölçümlerine ilişkin detaylı tanımlamalar içereceği ve temsil gücünün geliştirileceği anlaşılmaktadır.

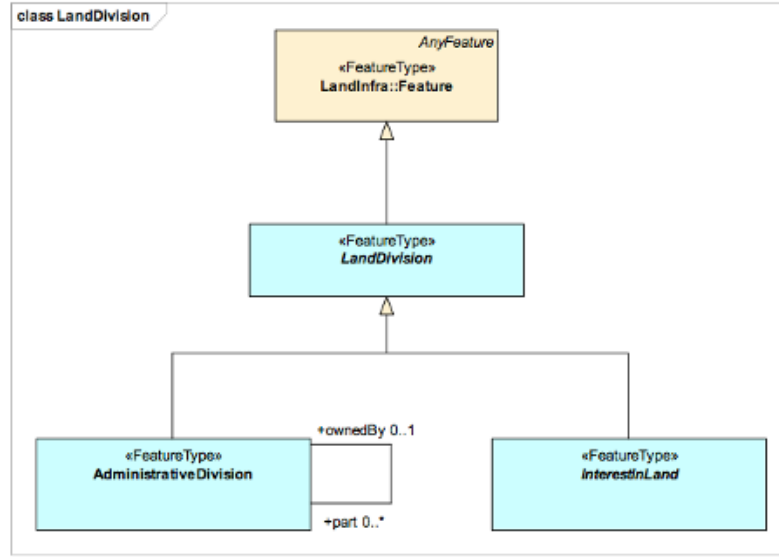


Şekil 4.20 LADM genişletilmiş ölçme paketinin yeni sınıfları (Kalogianni vd., 2021)

4.3.2 LandInfra / Arazi Bölümleri

LandInfra'da yer alan AraziBölümleri (LandDivision) sınıfı, arazinin, idari birimler gibi kamu hukukuna veya aynı haklar gibi özel hukuka göre bölümlendirmesini ifade

eder, bu nedenle AraziHakları (InterestInLand) ve İdariBölüm (AdministrativeDivision) sınıflarıyla genişletilmiştir (Şekil 4.21).

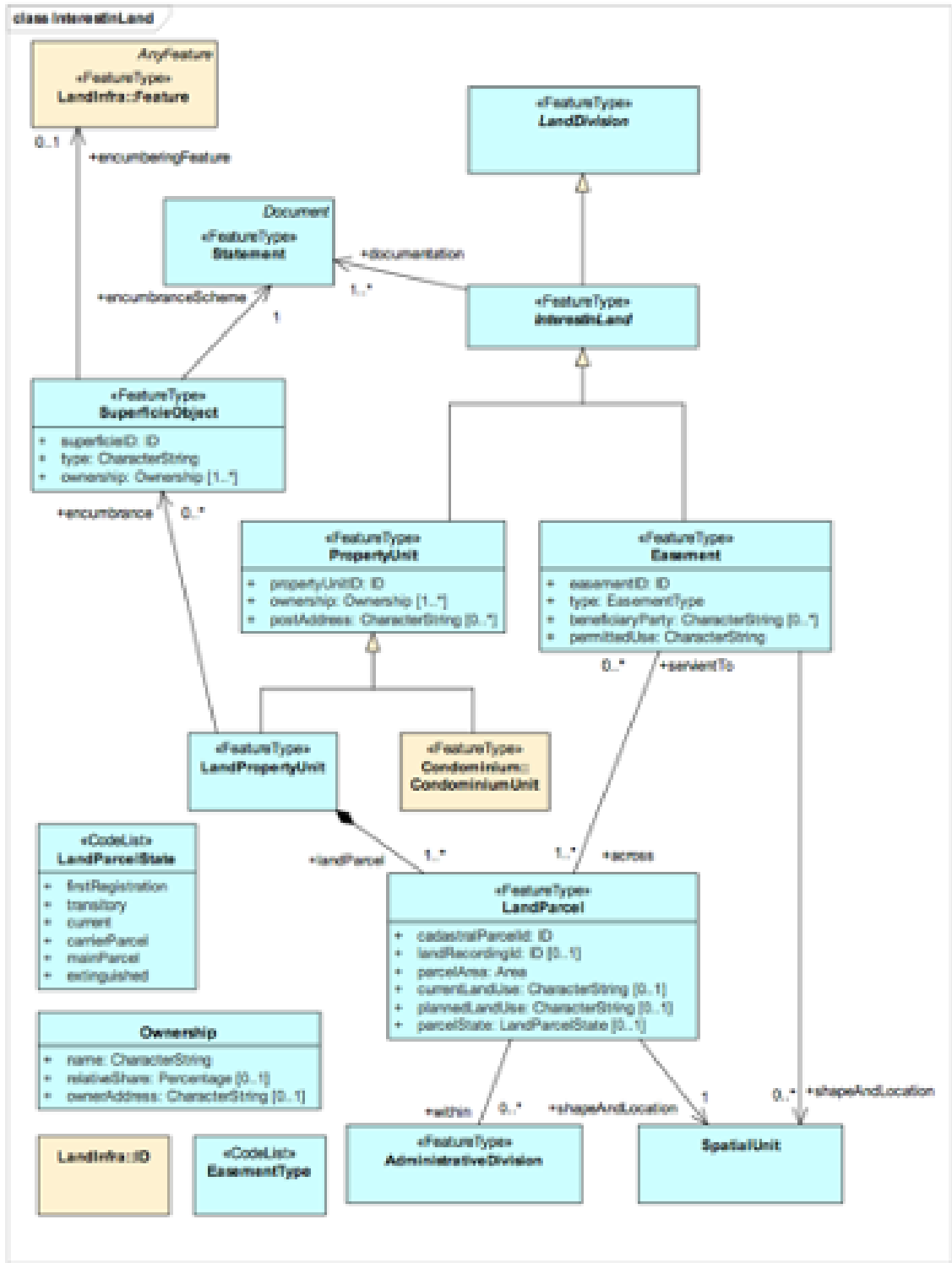


Şekil 4.21 LandInfra'da arazi bölümleri (OGC, 2016)

Şekil 4.22'de InterestInLand sınıfının içeriği ile ilişkili olduğu sınıflar görülmektedir. Arazi üzerindeki haklar, sınırsız (mülkiyet) ve sınırlı (arzi irtifak hakları) haklar olarak sınıflandırılmış, bu nedenle AraziHakları (InterestInLand), sınıfından TaşınmazBirimleri (PropertyUnit) ile İrtifakHaklarını (Easement) sınıfları türetilmiştir. TaşınmazBirimleri (PropertyUnit), arazi üzerinde mülkiyete konu birimlerdir (LADM BA_Unit sınıfına karşılık gelir). Bu sınıf, AraziTaşınmazBirimi (LandPropertyUnit) ve BağımsızBölüm (CondominiumUnit) sınıflarından oluşabilir. AraziTaşınmazBirimi (LandPropertyUnit) sınıfı, bir veya daha fazla arazi parselinden (LandParcel) oluşan bir mülkiyet birimini ifade eder. AraziTaşınmazBirimi (LandPropertyUnit) ile ÜstHakkıNesnesi (SuperficieObject) sınıfı arasındaki 'encumbrance' ilişkisiyle, arazi parsellerinin üstündeki yük tanımlanır.

ÜstHakkıNesnesi (SuperficieObject), parsel maliki haricinde bir kişiye ait bir bina veya boru, kablo, tünel gibi bir teknik altyapı tesisi için sözleşmeye göre (granting statement) kurulan üst hakkını temsil eder. Detay (Feature) sınıfının bir alt sınıfı olması, geometrik temsiline olanak verir. Mülkiyet (ownership) özniteliği ile üst hakkı sahibinin ismi, pay miktarı ve adres bilgileri kaydedilmektedir. encumbranceScheme özniteliği, üst hakkının kurulmasına esas belgelere referans verir. Üst hakkına konu nesne, TesisBolumu (FacilityPart) sınıfında yer alan bir nesne örneği olabilir. Bu nesne, üst hakkı ile encumberingFeature özniteliği aracılığıyla ilişkilendirilir.

Arazi üzerindeki hakların temsili İrtifakHakkı (Easement) sınıfı, bir kişiye (yararlananTaraf, -beneficiaryParty-), yüklü parsel üzerinde kurulan bir hakkı (örn:

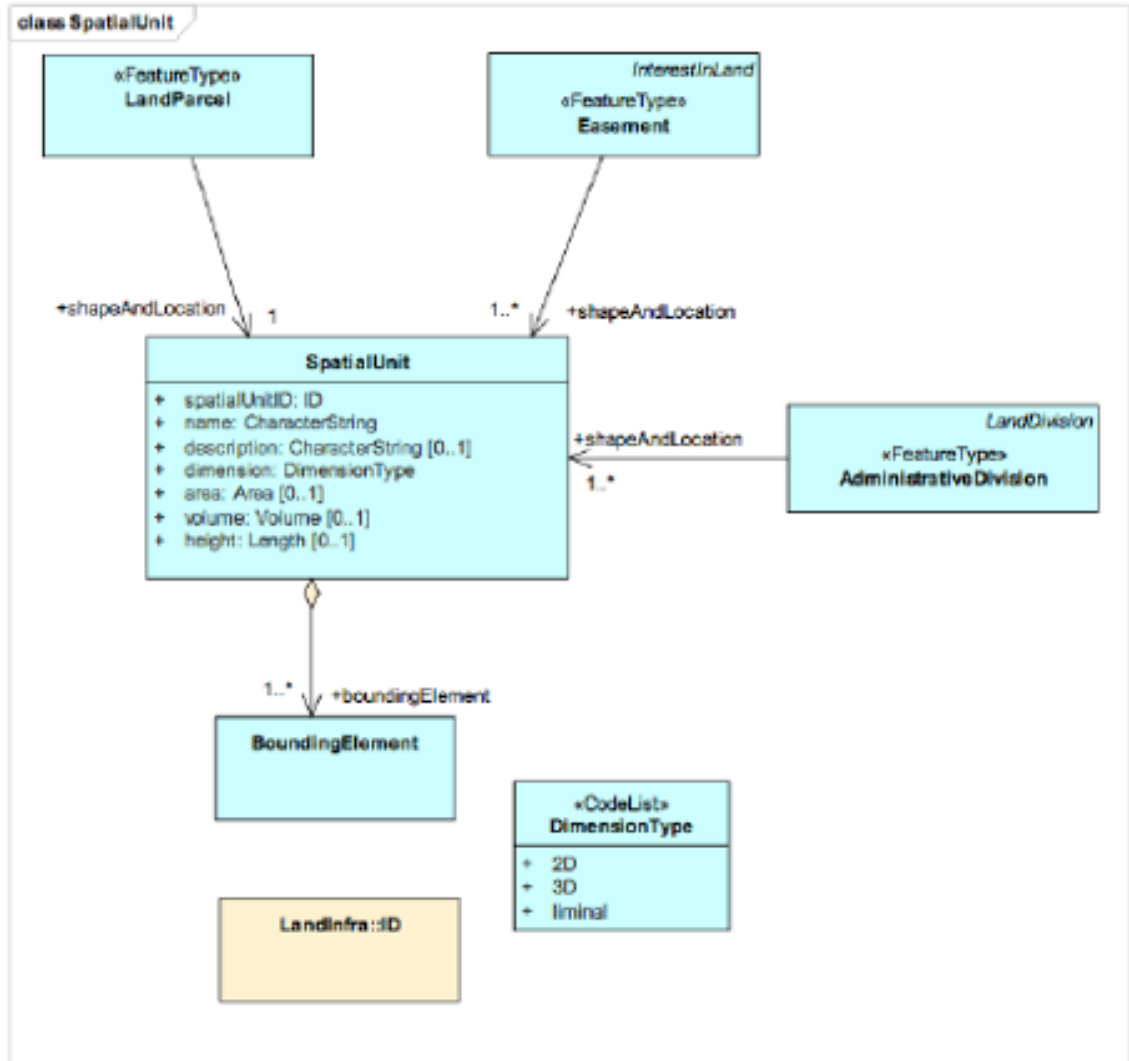


Şekil 4.22 LandInfra’da arazi üzerindeki hakların temsili (OGC, 2016)

geçit hakkı) ifade eder.

Şekil 4.23’te gösterilen KonumsalBirim (SpatialUnit) sınıfı, irtifak hakkı (Easement) ve arazi parsellerinin (LandParcel) geometrilerini tanımlar. Konumsal birimlerin (SpatialUnit) boyutu, 2, 3 veya liminal olarak tanımlanabilir. Konumsal birimler

bir veya daha fazla SınırlayıcıEleman'dan (BoundingElement) oluşur. Sınırlayıcı elemanların geometrileri; nokta, metin, çizgi, yüz, katı cisim gibi geometri tipleriyle tanımlanabilmektedir.



Şekil 4.23 LandInfra'da konumsal birimlerin temsili (OGC, 2016)

5

DEĞERLENDİRME

Türkiye’de 1990’lı yıllara kadar teknik altyapı hizmetleri kamu kurumları tarafından verilmekteyken, günümüzde elektrik dağıtımı, telekomünikasyon ve doğal gaz dağıtım hizmetleri özel sektör tarafından sağlanmaktadır. Doğal gaz ve elektrik iletimi, su ve kanalizasyon hizmetleri ise kamu kurumlarının sorumluluğu altındadır. Bu karmaşık kurumsal yapılanmayla birlikte, altyapı tesislerine ilişkin resmi envanterlerin bulunmaması, doğru ve güvenilir bilgiye erişimi güçleştirmektedir.

Farklı ülkelerdeki teknik altyapı kadastro/envanteri/sicili uygulamaları incelendiğinde, bu sistemlerin genel olarak (1) mekânsal planlama, altyapı inşaatlarının planlanması, güvenliğin sağlanması ve olası hasarların önlenmesi ile (2) teknik altyapı tesislerinin tesciline olanak vererek sahiplerinin haklarını koruma amaçlarına yönelik olduğu görülmektedir. Ulusal düzeydeki teknik altyapı kadastroları genellikle, kadastro veya haritacılık kurumları tarafından organize edilmektedir. Bu kurumlar coğrafi verilerin temin ve paylaşım standartlarını belirlemektedir. Ayrıca, mevcut kadastrolarda verilerin konum doğrulukları çoğunlukla düşük olup; ülkeler yeni kurulan ya da yenilenen tesislerin konumsal veri kalitesinin doğrudan konum ölçmeleriyle kademeli biçimde artırılmasını hedeflemektedir. Buradan, teknik altyapı tesisleri için kurulan bir sicilde tutulacak coğrafi verilerin resmi ölçüme dayalı olması ve kalite düzeyinin güvencelenmesi gerektiği anlaşılmaktadır.

Teknik altyapı tesislerinin kadastral sistemle ilişkilendirilmesi aşağıdaki yöntemlerin bir ya da birden fazlası aracılığıyla sağlanabilir:

1. Teknik altyapı tesislerinin doğrudan tescili: Bu yaklaşım, incelenen ülkelerden Hollanda’da uygulanmaktadır. Bu uygulama, tesis sahiplerinin mülkiyet hakkının korunmasını ve tesisler üzerinde diğer aynı hakların (ör. rehin hakları) kurulmasına olanak tanır. Bu uygulamada tesisler iki boyutlu biçimde tescil edilmekte, kadastral veri tabanında parseller üzerindeki konumları belirtilmemektedir. Türkiye’de ise daimi ve sürekli üst hakkı ile üst hakkı niteliğindeki mecra hakkı, kuruluşların teknik altyapı tesisleri üzerinde mülkiyet hakkına sahip olmalarına olanak vermektedir. Ancak üst

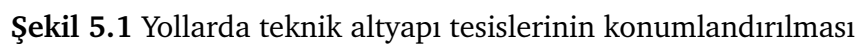
Tablo 5.1 Farklı ülkelerde teknik altyapı kadastroları

Ülke	Uygulama	Coğrafi Kapsam	Veri içerik tanımı	Konum doğruluk bilgisi	Sorumlu Kurum	Zorunluluk	Erişim
Hollanda	BRK sicili	Ülke, 2B	Medeni Kanun	Yok	Kadaster	Hayır	İlgililere açık
Hırvatistan	Teknik altyapı kadastro	Ülke, 2B	Teknik Altyapı Kadastrolarına İlişkin Kurallar	Ölçme bilgileri		Evet	İlgililere açık
Sırbistan	Teknik altyapı kadastro	Ülke, 2B+		Evet		Hayır	Yetkili kullanıcılar (ücretli)
Slovenya	Teknik altyapı kadastro	Ülke, 2B+				Evet	Herkese açık
İsviçre	Teknik altyapı kadastro	Kanton, 2B+	LKMap		Kanton idareleri	Hayır	Sınırlı
İngiltere	NUAR sicili	Pilot bölge, 2B+	PAS:256	Evet	Coğrafi Bilgi Komisyonu	Hayır	Sınırlı
Polonya	GESUT, K-GESUT	Yerel, Ülke, 2B+	Yönetmelik		Jeodezi ve Kartoğrafya Merkez Ofisi	Evet	Kamuya açık

hakki parseller üzerinde kurulduğu için teknik altyapı tesisinin mülkiyet sınırları parsel sınırları ile belirlenir. Doğrudan tescil için, kişi ile taşınmaz arasında doğrudan mülkiyet hakkının tescil edilmesi gerekir. Bu durumda, teorik olarak, tescil edilen teknik altyapı hak hacimlerinin, kadastral parsel hacimlerinden çıkarılması gerekmektedir. Bu yaklaşım, hem teknolojik hem de kurumsal açıdan güçtür.

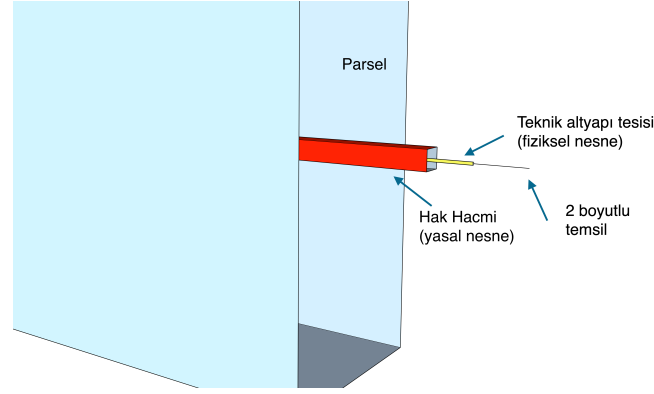
2. Araziden geçirilen tesisler için taşınmazlar üzerinde kurulan sınırlı ayni hakların tescili: Bu yöntem, özel mülkiyete konu taşınmazlardan geçirilen teknik altyapı tesisleri için kullanılmaktadır. Ancak teknik altyapı sahibinin maliki olduğu taşınmaz (parsel) üzerinde böyle bir hak kurması olanaklı değildir. Ayrıca, tescil harici bırakılan alanlarda sınırlı ayni haklar da kurulmamaktadır. Ancak, Medeni Kanun'un 999'uncu maddesi, özel mülkiyete tabi olmayan ve kamunun yararlanmasına ayrılan taşınmazların, bunlara ilişkin bir ayni hakkın kurulması söz konusu olduğunda kütüğe kaydedilmesini öngörmektedir. Böyle bir durum için Tapu Planları Tüzüğü'nün 12'nci maddesine göre, taşınmazın niteliğini esas alan ve hakkın kapsadığı kısmı gösteren tescile uygun tapu plânının yapılması zorunludur. Bu uygulamanın esasları ise TKGM'nin 2019/13 numaralı genelgesinde belirtilmektedir. Bu uygulamaya göre, kent içinde bir yolun altından geçirilen bir teknik altyapı hattı için yolun, hakkın kapsadığı kısım esas alınarak sınırlandırılması ve belediye adına tescil edilmesi, daha sonra üzerinde irtifak hakkı kurulması gerekmektedir. Teknik altyapı tesisleri planlı bir biçimde inşa edilmediği için genellikle yolların altında, diğer tesislerin altından veya üstünden geçirilir; bu nedenle yatay düzlemde birbirleriyle kesişirler. Ayrıca, birçok durumda bu tesisler, yolları, dolayısıyla yol koridoru boyunca ilerleyen tesisleri enine kesmek durumundadır. Şekil 5.1, Atıksu Toplama ve Uzaklaştırma Sistemleri Hakkında Yönetmelik'te 10 metrelik bir yolda teknik altyapı tesislerinin konumlandırılması için sunulan öneriyi göstermektedir.

3. Bir ilişki kurulmaksızın farklı kurumların sorumluluğunda olan iki ayrı veri seti coğrafi veri altyapısı kapsamında bütünleştirilebilir. Bu yaklaşım, teknik altyapı tesislerinin kadastral sisteme katılmasını sağlamaz. Bir başka ifadeyle, tesislerin yasal sınırlarının kaydedilmesi sonucunu doğurmaz.



Hak hacimleri (yasal nesneler), fiziksel nesnelerle çakışık ya da onlardan daha geniş olabilir (Şekil 5.2). Özel mülkiyete konu taşınmazlardan geçirilen tesisler için kurulan irtifak hakları, genellikle, tesislere erişim ve güvenlik vb. nedenlerle fiziksel nesnelerden daha geniş bir alanı (hacmi) kapsar. Teknik altyapı tesislerinin planlanmasında, genellikle, hangi tesislere ne kadar mesafeden geçirilmesi gerektiği

gibi bilgiler ile tesislerin tip kesitleri; yönetmelikler (örneğin, Atıksu Toplama ve Uzaklaştırma Sistemleri Hakkında Yönetmelik), standartlar (TSE, 2016) ve şartnamelerde (TEDAŞ, 2008) belirtilmektedir. Burada tanımlanan mesafeler, yasal nesne sınırlarını oluşturabilir.



Şekil 5.2 Teknik altyapı tesislerine ilişkin yasal ve fiziksel nesnelerin temsili

Teknik Altyapı Tesislerinin Fiziksel Bileşenlerinin Temsili

Bu çalışmada incelenen coğrafi veri modelleri farklı kullanım alanlarına yöneliktir. Bu doğrultuda gerçek dünyadaki teknik altyapı tesis ve ağları farklı şekillerde soyutlanmış, modeller farklı bakış açılarıyla tasarlanmıştır. Bu modeller, teknik altyapı kuruluşları tarafından yönetilen coğrafi verilere standart getirmeyi amaçlamamakta, bunun yerine coğrafi veri paylaşımı için ortak bir veri değişim modeli sunmaktadır. Modellerin tasarımı, veri paylaşım amaçlarına göre belirlenmektedir. Bu nedenle, içerik, detay düzeyi, nesnelerin temsil biçimleri farklılık göstermektedir:

INSPIRE Teknik Altyapı Ağları veri şemasının amacı, farklı kuruluşların yönettiği değişken yapıda ve düzeyde bulunan veri ve veri modellerinin uyumlandırılmasını sağlamak, teknik altyapı kuruluşları arasında verinin yeniden kullanımını ve paylaşımını etkinleştirmektir. Bu doğrultuda teknik altyapı tesisleri; elektrik, petrol gaz ve kimyasallar, su, atık su ve telekomünikasyon gibi sektör türleri esas alınarak ayrı paketlerle temsil edilmiştir. UNADE, kritik altyapıların karşılıklı bağımlılıklarını kent modelleriyle bütünleşik biçimde temsil eder. Bu nedenle, teknik altyapı hatlarının ilettiği malzeme tiplerini temel alan bir sınıflandırma yaklaşımı benimsenmiştir. Ağlar, INSPIRE modelindeki gibi teknik altyapı sektörlerini esas almaz; aksine aynı tür maddeyi taşıyan teknik altyapı tesislerinin bir ağ oluşturduğu düşünülür. Modelleme yaklaşımı, teknik altyapı tesislerinin fiziksel özellikleri, ilettikleri maddeler ile işlevlerine odaklanırken, sahipleri ve sektörleri ikincil düzeyde önemlidir.

MUDDI, yer altı teknik altyapı tesislerine ait farklı veri modellerine uygun biçimde üretilmiş veri setlerini bütünleştirerek işlevselliklerini artırmayı hedeflemekte, bu doğrultuda bir çerçeve sunmaktadır. Öz modelde, teknik altyapı tesislerinin temsili için temel özellikler yer almaktadır. Sektörlere özgü modellerin ara yüzler aracılığıyla eklenmesi öngörülmüştür. LandInfra kavramsal modeli ve InfraGML uygulama şeması, inşaat mühendisliği ve altyapı projeleri ile araziye odaklanmaktadır. Teknik altyapı tesisleriyle ilgili olarak yalnızca ıslak altyapılar olarak tanımlanan drenaj, su dağıtımı ve atık su altyapı tesislerine ait sınıfları içerir. Ancak bu sınıflar, standardın mevcut versiyonunda detaylandırılmamıştır. Elektrik, telekomünikasyon, doğalgaz gibi teknik altyapı tesislerine ait projeler ile fiziksel bileşenleri kapsam dışı tutulmuştur. INSPIRE-UN, teknik altyapı kazı çalışmalarının koordinasyonunda coğrafi veri değişimi uygulamalarına; UNADE ise kapsamlı ağ temsili ve 3 boyutlu kent modelleriyle entegrasyon sağlaması nedeniyle, şebeke analizlerini ve simülasyonları içeren uygulamalara temel oluşturmuştur.

UNADE, MUDDI ve INSPIRE UN modellerinde teknik altyapı ağları, düğüm-kenar-düğüm (node-arc-node) olarak ifade edilen çizge (graph) yapısı ile temsil edilmektedir. Bu yapıda düğümler nokta; kenarlar ise çizgi olarak temsil edilir; bir ağ en az iki düğüm ile bir kenardan oluşur. Çizgi/kenar özelliği gösteren nesneler, kablo, boru gibi doğrusal nesneleridir. Nokta özelliği gösteren nesneler; pompa, sayaç, vana vb. ağ elemanları olabileceği gibi hatların birleşim noktaları, uç noktaları gibi karakteristik noktaları olabilir. Topolojik yapı, birbirlerine fiziksel olarak bağlı teknik altyapı tesisleri arasındaki ilişkiyi modelleyerek, örneğin, teknik altyapı tesislerinin hasar görmesi veya devre dışı kalması durumunda diğer tesislere olan etkilerinin belirlenmesi vb. gibi konumsal analizlerinin yapılmasına olanak verir.

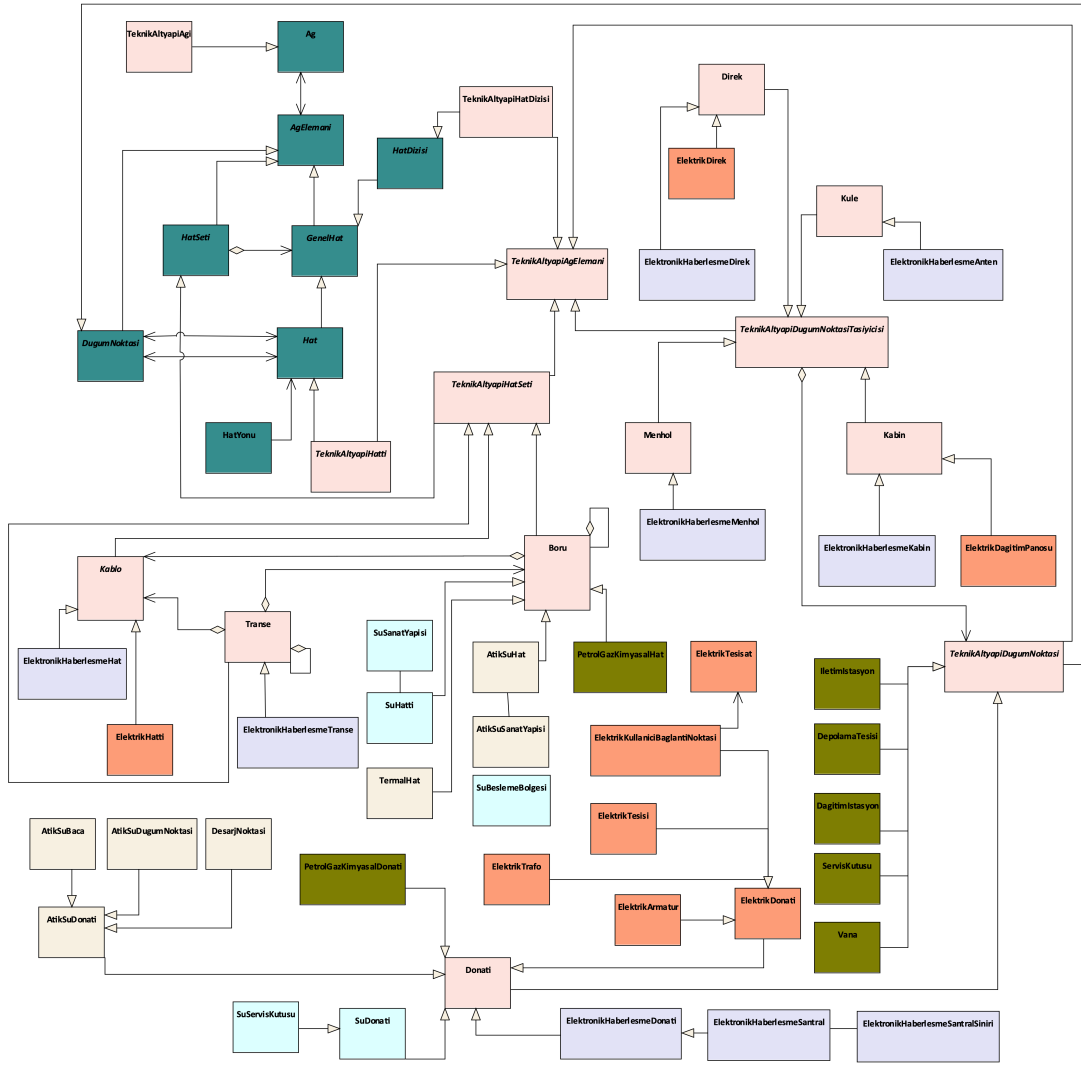
Teknik altyapı tesislerinin 3 boyutlu geometrilerinin temsili için UNADE ve LandInfra/InfraGML sınır temsili (boundary representation, BRep) tekniğini kullanmaktadır. 2 boyutlu bir ağ modelinden türetilen INSPIRE-UN, tesislerin derinlik/yükseklik bilgisini içermez ve 3 boyutlu temsile olanak vermemektedir. Bununla beraber INSPIRE-UN'den türetilen IMKL, iki boyutlu ağ geometrisine ek olarak nesnelerin 3 boyutlu geometrileri temsillerini de içerir.

İncelenen coğrafi veri modelleri, teknik altyapı tesislerinin 1) 2 boyutlu ağ topolojisine uygun yapıda, 2) 3 boyutlu bilgileri temsil edecek biçimde ve 3) ölçme ve konum doğruluğu bilgilerini içerecek biçimde tasarlanması gerektiğini ortaya koymaktadır.

6 COĞRAFI VERİ MODELİ

Bu bölümde, önceki bölümde elde edilen bulgular ışığında ülkemizdeki teknik altyapı tesislerine yönelik coğrafi, fiziksel ve yasal verileri bütüncül bir şekilde kapsayan Teknik Altyapı Veri Modeli (TAVM) geliştirilmiştir. TAVM, teknik altyapı tesislerinin fiziksel ve yasal bilgileri ile bunların konumsal bileşenlerini içerir. Bu model ile tesislerin fiziksel özellikleri, sınırları ve tesis nesneleri ile ilişkili bulunan hukuki sınırlar temsil edilebilir. Teknik altyapı tesislerinin fiziksel ve işlevsel özelliklerinin modellenmesinde, INSPIRE, IMKL, TUCBS-AY ve UNADE modellerinde kullanılan tanımlamalardan yararlanılmıştır. Teknik altyapı tesislerine ilişkin yasal durumun temsili için, LADM’de sunulan sınıflar geliştirilerek kullanılmış; fiziksel tesislere ait sınıflarla ilişkilendirilmiştir. TAVM’nin tasarım süreci şöyle özetlenebilir:

- Fiziksel/coğrafi bilgilerin modellenmesi için, öncelikle TUCBS-AY veri tanımlamalarında yer alan uygulama şemaları birleştirilmiştir. Şekil 6.1, genel ağ modelinde ve TUCBS-AY veri temasında bulunan uygulama şemalarında yer alan detay tiplerini *featureType* bir arada göstermektedir. Şekilde okunabilirliği artırmak amacıyla değer listeleri ile detay tiplerinin öznitelik bilgilerine yer verilmemiştir. Yeşil renk genel ağ modeli; pembe ortak altyapı ağları; eflatun elektronik haberleşme ağları; açık mavi su ağları; yeşil petrol/gaz/kimyasal ağları, turuncu elektrik ağarı ve vanilya rengi atık su ağları uygulama şemalarına ait sınıfları göstermektedir.
- • TUCBS’de kullanılan soyut Genel Ağ Modelinde üst sınıflar arasındaki bağlantı (association) ilişkileri alt sınıflarına aktarılmış (türetilmiş); fiziksel nesnelere ait soyut olmayan sınıflar doğrudan ilişkilendirilmiştir (Şekil 6.5). TAVM UML modeli, ISO:19109 ile ISO:19136 standardında ve INSPIRE Genel Detay Modelinde tanımlanan UML profiline uygun olarak hazırlanmıştır.
- LADM kavramsal veri modelinin ilgili sınıfları Türkçeleştirilmiş ve teknik altyapı tesislerine ilişkin hukuki durumun temsili için geliştirilmiştir. Hukuki durumun temsili için teknik altyapı tesisleri TRA_TAYasalMekan (LADM’de LA_LegalSpaceUtilityNetwork) sınıfı ile ilişkilendirilmiştir (Şekil 6.2).

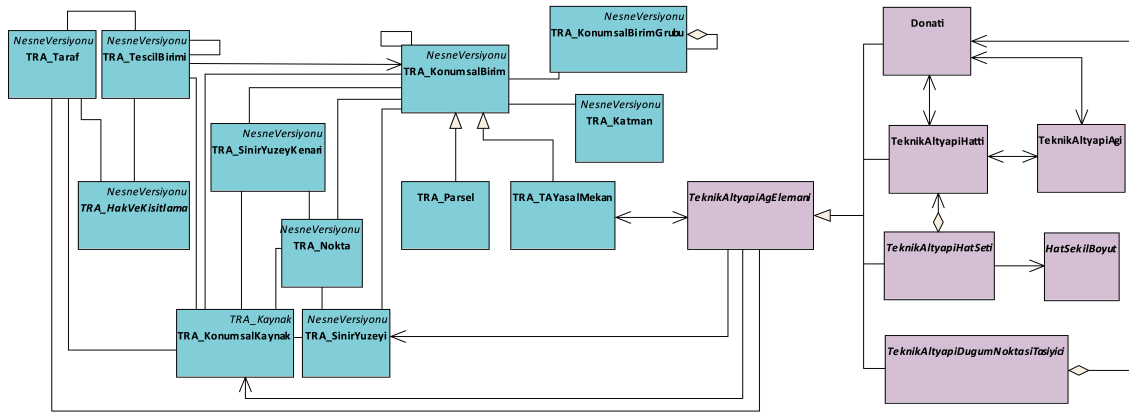


Şekil 6.1 TUCBS-AY'de teknik altyapı tesisleri detay tipleri

• • TUCBS-AY'de, farklı sınıf ve uygulama şemalarında bulunan aynı ya da benzer tanımlamalar TAVM'de mevcut ya da yeni eklenen daha üst düzey sınıflarda tanımlanarak geliştirilmiştir. Bu tanımlamalar için UNADE, IMKL ve LADM veri modelleri referans alınmıştır. Örneğin, TUCBS-AY Petrol/gaz/kimyasal ağları veri temasında *petrolGazKimyasalLisansSahibi* beş sınıfta; su ağları veri temasında *isletenKurum* ve *projeyiYapanKurum* öznitelikleri iki sınıfta tanımlanmıştır. TAVM'de bu öznitelikler silinmiş, tüm teknik altyapı tesislerine ilişkin taraf ve rolleri LADM'den türetilen TRA_Taraf sınıfı ile temsil edilmiştir (Şekil 6.3). Ayrıca, LADM'de nesnelere ait tanımlamaların zamansal verilerinin yönetimi için kullanılan NesneVersiyonu (LA_VersionedObject) sınıfı, TAVM'de yasal bilşenler için kullanılmıştır (Şekil 6.4). Modelde zamansal verilerin yönetiminde tutarlılık sağlama amacıyla fiziksel nesneler için de NesneVersiyonu'nun kullanılmasına karar verilmiş; TUCBS ve INSPIRE'da kullanılan *gecerlilikBaslangici*, *gecerlilikSonu*, *surumBaslangicZamani* ve *surumBitisZamani* öznitelikleri kullanılmamıştır. Benzer amaçlarla, hatların şekil ve boyut özellikleri,

derinlik (ölçme) bilgileri ile coğrafi veri kaynaklarına ilişkin özellikler teknik altyapı tesislerine ait sınıflardan çıkarılmış; bu özellikler ayrıca sınıflandırılarak tesis sınıfllarıyla ilişkilendirilmiştir (Şekil 6.3).

- Model, nesne örneği diyagramlarıyla ve GML uygulama şemasına dönüştürülerek test edilmiştir.



Şekil 6.2 TAVM'de yasal ve fiziksel nesneler

İzleyen alt bölümde fiziksel nesneler ile yasal bileşenlerin temsili detaylandırılmaktadır. Modelin tamamı Ek A'da yer almaktadır.

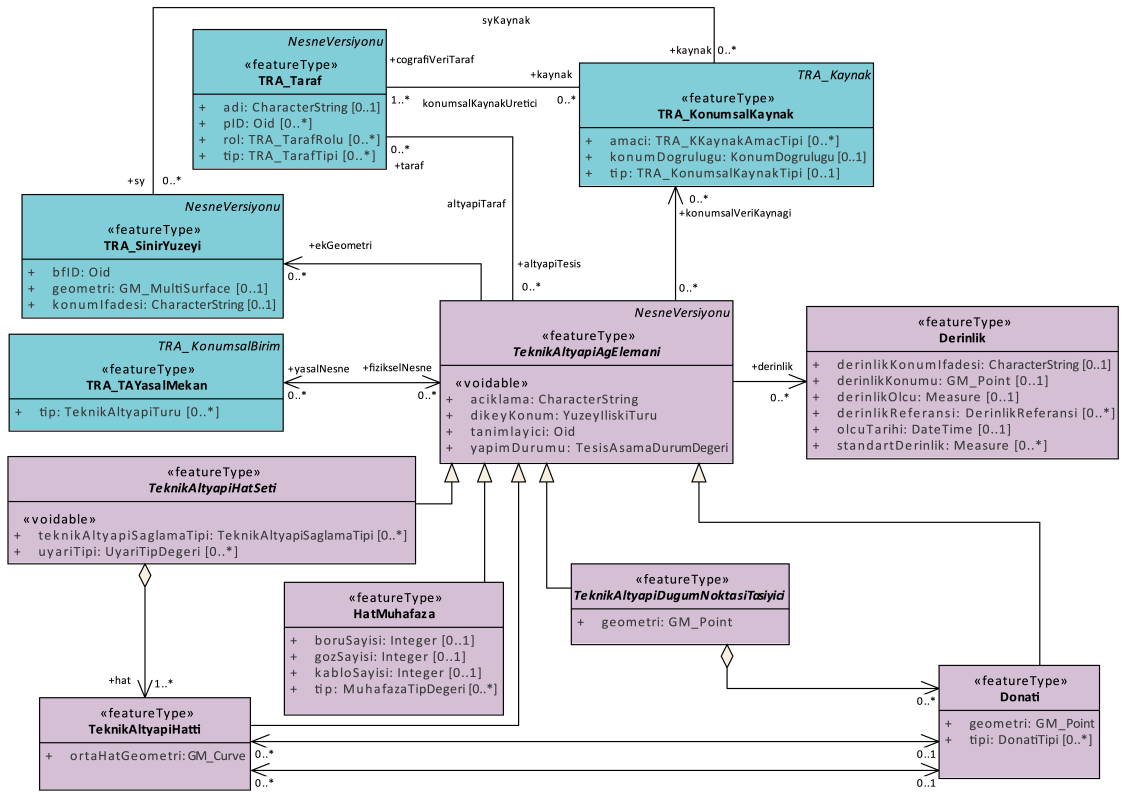
6.1 TAVM'de Teknik Altyapı Tesislerinin Fiziksel ve Yasal Bileşenlerin Temsili

TAVM'nin genel yapısı Şekil 6.2'de gösterilmektedir. Burada, LADM'den türetilen sınıflar 'TRA' öneğine sahiptir ve turkuaz renk ile gösterilmektedir. TeknikAltyapiAgElemani, tüm fiziksel tesisler için ortak özellikleri içeren, üst düzey soyut bir sınıftır ve teknik altyapı tesislerinin yasal/konumsal bileşenini temsil eden TRA_TAYasalMekan sınıfıyla ilişkilendirilmiştir.

Ayrıca, TRA_Taraf ve TRA_KonumsalKaynak sınıflarıyla ilişkilendirilmiştir. Teknik altyapı tesislerine ilişkin taraf bilgileri, TRA_Taraf sınıfında tutulmaktadır. Burada, teknik altyapı sahibi, işletmecisi, düzenleme kurumu ya da altyapı projesini gerçekleştiren taraflar tanımlanmaktadır. Teknik altyapı tesislerine ilişkin coğrafi veri kaynakları, TRA_KonumsalKaynak sınıfında temsil edilir.

TeknikAltyapiAgElemani tüm fiziksel teknik altyapı ağ elemanlarının (teknik altyapı tesislerinin) sahip olması gereken ortak öznelilikleri ve diğer sınıflarla ilişkilerini alt sınıflarına aktaran, soyut bir sınıf olarak tasarlanmıştır (Şekil 6.3). dikeyKonum,

nesnelerin yer yüzeyine göre düşey konumlarını ifade eder. Buna göre tesisler; asılı veya yükseltilmiş, yer altında, yer yüzeyinde ya da karma olabilir. Bu değerler, *YuzeyIliski-Turu* değer listesinde tanımlanmıştır. *yapimDurumu*, tesisin yaşam döngüsündeki durumunu ifade etmektedir. Bu durumlar *TesisAsamaDurumDegeri* değer listesinde tanımlanmıştır ve bir teknik altyapı tesisi; fonksiyonel, hizmet dışı, terkedilmiş, yapım aşamasında, planlanmış ya da kaldırılmış olabilir. Fiziksel teknik altyapı tesileri (ağ elemanları); teknik altyapı hatları (*TeknikAltyapiHatti*) ve teknik altyapı hatlarının bir araya gelmesiyle oluşan teknik altyapı setleri (*TeknikAltyapiHatSeti*) ile donatılar (*Donati*) ve donatı/düğüm nokta taşıyıcılarıdır (*TeknikAltyapiDugumNoktasiTasiyici*). Bu sınıflar, farklı teknik altyapı tesislerinin ortak özelliklerini içerir.

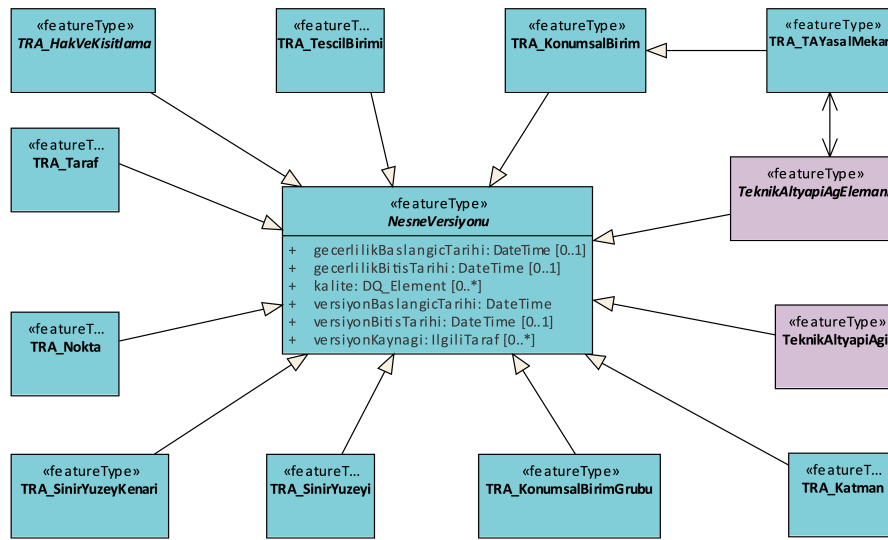


Şekil 6.3 Teknik altyapı ağ elemanı

Altyapı tesislerinin derinlik bilgilerini temsil etmek için modele *Derinlik* sınıfı eklenmiştir. Bu sınıfta *derinlikKonumIfadesi*, derinlik bilgisinin konumunu tarif etmek için kullanılır. *derinlikKonumu* nokta geometrisinde (*GM_Point*), derinlik ölçüsünün alındığı ya da derinlik bilgisinin ait olduğu noktayı ifade eder. Derinlik ölçüsü ve ölçü tarihi, *derinlikOlcu* ve *olcuTarihi* öznitelikleri ile temsil edilir. Ölçünün, tesisin neresinden (alt/iç ya da üst) yapıldığı *derinlikReferansi* ile belirtilir. Ayrıca, tesislerin mevzuat kapsamında belirtilmiş standart derinlikleri *standartDerinlik* özniteliği ile belirtilebilir.

LADM’de nesnelerin zamansal yönetimi *NesneVersiyonu* (*VersionedObject*) sınıfında yer alan *versiyonBaslangicTarihi* (*beginLifespanVersion*), *versiyonBitisTarihi* (*endLifespan-*

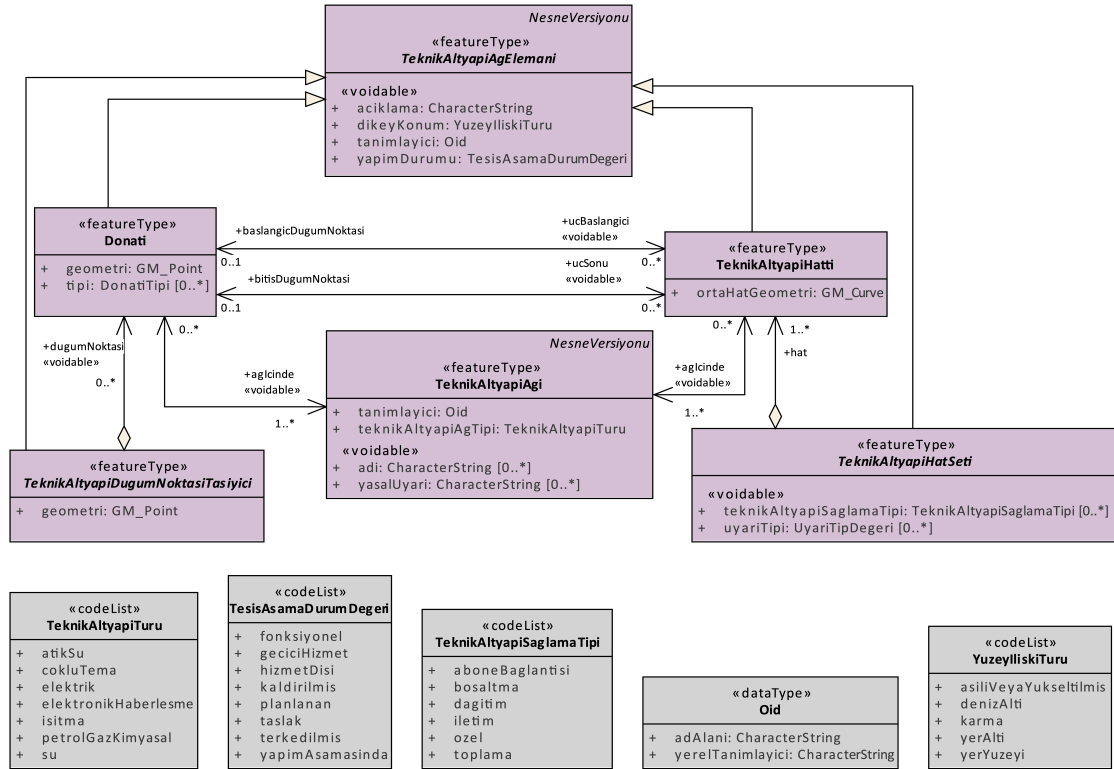
Version) öznitelikleri ile gerçekleştirilir. Bunlar, sistem ya da veritabanı zamanını ifade eder. Bunlara ek olarak, LADM'nin yeni versiyonunda nesnelerin gerçek dünyadaki geçerliliklerinin başlangıç ve bitiş tarihleri gecerlilikBaslangicTarihi (*beginValidLifespanVersion*) ve gecerlilikBitisTarihi (*endValidLifespanVersion*) öznitelikleri ile temsil edilmesine karar verilmiştir (Lemmen vd., 2021; Thompson & van Oosterom, 2021). *NesneVersiyonu* sınıfı, LADM'de kaynaklar (*LA_Source*) haricindeki tüm sınıfların üst sınıfıdır. TAVM'de teknik altyapı nesnelerinin zamansal yönetimini tutarlı bir biçimde yönetmek için *TeknikAltyapiAgElemani* ile *TeknikAltyapiAgi* sınıfları *NesneVersiyonu*'nun alt sınıfları olarak tanımlanmıştır (Şekil 6.4); INSPIRE ve TUCBS'de zaman yönetimi için kullanılan *gecerlilikBaslangici*, *gecerlilikSonu*, *surumBaslangicZamani* ve *surumBitisZamani* özniteliklerinin aksine, TAVM'de nesnelerin zamansal yönetimi soyut üst *NesneVersiyonu* sınıfı ile sağlanacaktır.



Şekil 6.4 Nesne versiyonu

TAVM'de altyapı tesislerinin konumsal/fiziksel özelliklerini temsil eden ağ modeli, INSPIRE-UN ile IMKL ve TUCBS-AY modellerinde kullanılan iki boyutlu ağ yapısının (Bölüm 4.2.1) türetilmesiyle oluşturulmuştur. Tasarlanan modelde fiziksel altyapı tesis ve ağlarının temel sınıfları Şekil 6.5'te gösterilmektedir. *TeknikAltyapiAgi* altyapı ağlarına ilişkin anlamsal bilgileri tanımlayan öznitelikler içermektedir. Bu öznitelikler; *adı*, *teknikAltyapiAgTipi*, *tanımlayıcı* ve *yasalUyarı*'dır. *yasalUyarı* özniteliği, verinin yayımlanmasına ilişkin gizlilik kuralları gibi yasal bildirimleri içerir. Tanımlayıcı, *Oid* veri tipiyle, *ad* alanı ve yerel tanımlayıcısıyla tanımlanır. Yerel tanımlayıcı, veri örneğinin orijinal kaynağındaki tanımlayıcısıdır. Ağın temel tipi veya teması *teknikAltyapiAgTipi* özniteliği ile belirtir. Bu değer, doğal gaz – petrol - kimyasal, elektrik, elektronik haberleşme, ısıtma, petrol, su, atık su ya da çoklu olabilir. Teknik altyapı ağları, birbirleriyle ilişkili donatı (*Donatı*) ve hatlarla (*TeknikAltyapiHatti*) ilişkilidir. Bu ilişki (*agIcinde*), donatı ve hatların hangi ağa dahil olduğunu ifade eder. *Donatı* ve

TeknikAltyapiHatti arasındaki ilişkiler ağ geometrisini sağlamak için kullanılmaktadır ve INSPIRE genel ağ modelinden (ayrıca IMKL ve TUCBS) türetilmiştir. Buna göre, çizgi geometrisine (GM_Curve) sahip bir teknik altyapı hattının başlangıç ve bitiş noktaları nokta geometrisine (GM_Point) sahip donatı nesneleridir.

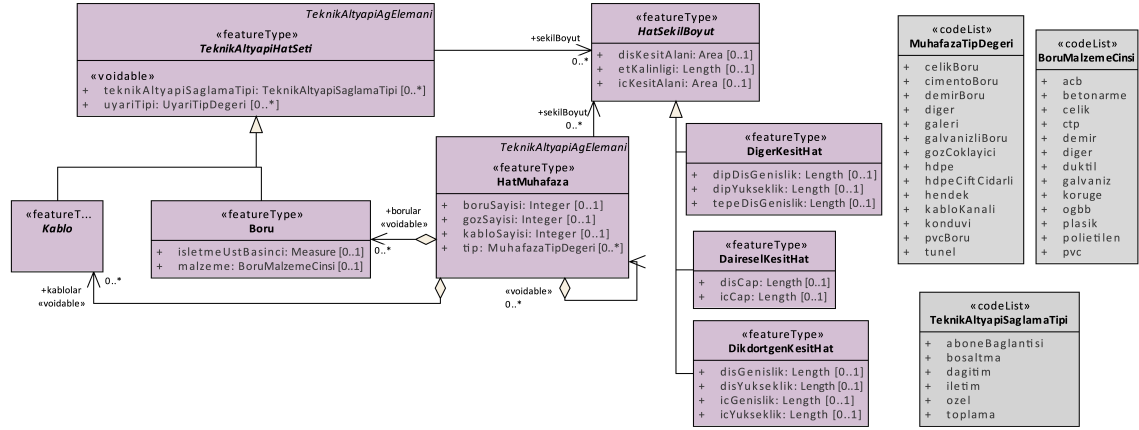


Şekil 6.5 Fiziksel Teknik Altyapı Ağ Bileşenleri

TeknikAltyapiHatSeti sınıfı, teknik altyapı hizmetlerine ilişkin ürünlerin taşınmasını sağlayan kablo ve boru hattı nesnelerini temsil eden *Boru* ve *Kablo* sınıflarının soyut üst sınıfıdır (Şekil 6.6). Bu tesislerin ağ içindeki işlevleri, *teknikAltyapiSaglamaTipi* özniteliği ile ifade edilir. Buna göre kablo ve borular; abone veya özel müşteri bağlantıları olabilir ya da altyapı hizmet/ürünlerinin iletimi, dağıtımı, toplanması veya boşaltılmasını sağlayabilir. *uyariTipi*, arazide genellikle gömülü bulunan teknik altyapı hattının varlığını gösteren fiziksel işaretleri temsil eder. *TeknikAltyapiHatSeti* nesnelerinin orta hat geometrileri, *TeknikAltyapiHatti* sınıfı ile kurulmuş olan ilişki aracılığıyla temsil edilir. Bir başka ifadeyle, orta hat geometrileriyle temsil edilen *TeknikAltyapiHatti* nesneleri birleşerek *TeknikAltyapiHatSeti* nesnelerini oluşturur (Şekil 6.3).

Boru sınıfı, basınç (*isletmeUstBasinci*) ve *BoruMalzemeCinsi* değer listesinde belirtilen çelik, polietilen, plastik, demir vb. gibi malzeme cinsleri ile tanımlanmaktadır. *Kablo* sınıfı soyuttur ve özniteliği bulunmamaktadır; alt sınıflarına yalnızca ilişkilerini aktarır. Kablo ve boru hatlarını destekleyen ya da koruyan tesisler, *HatMuhafaza* sınıfında yer

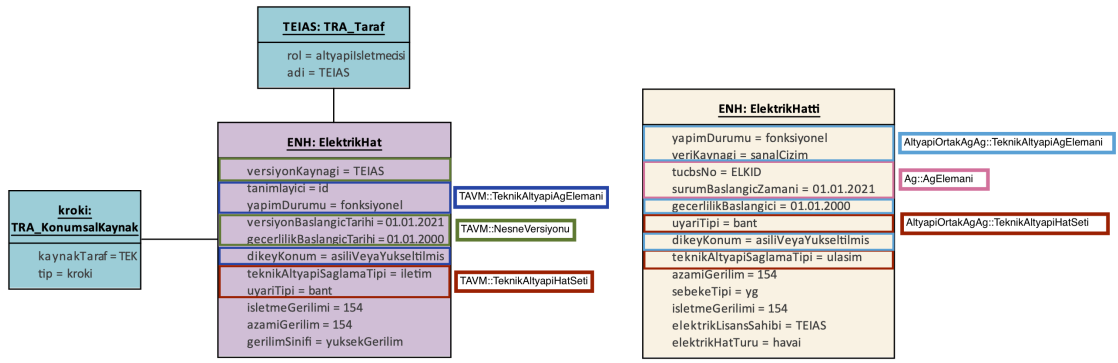
almaktadır. INSPIRE-UN ve TUCBS-AY’de sırasıyla *Kanal (Duct)* ve *Tranşe* sınıflarına karşılık gelmektedir. TAVM’de bu kavramın kapsamı genişletilmiş ve *TeknikAltyapiHatSeti*’nin alt sınıfı olmaktan çıkarılmıştır. Bunun sebebi, bu sınıfa ait nesne örneklerinin altyapı ağlarını oluşturan kablo ve boru hatları gibi altyapı hizmetlerinin iletimini doğrudan sağlamamaları ve bu hatları koruyan yapılar olmalarıdır. UNADE ile MUDDI modellerinde de dağıtım/iletim tesisleri ile bunları koruyan nesneler ayrı sınıflandırmıştır. *HatMuhafaza* sınıfının türü, *MuhafazaTipDegeri* değer listesi ile belirlenmektedir. Buna göre nesne örnekleri; hendek (tranşe), göz çoklayıcı, kablo kanalı, galeri vb. nesneler olabilir. *HatMuhafaza* nesnelerinden birden fazla kanal veya boru geçebilmektedir. Bunların sayıları, *boruSayisi*, *gozSayisi*, *kabloSayisi* gibi özniteliklerle ifade edilebilir. Ayrıca boru ve kablo sınıflarıyla arasındaki toplama ilişkisi sayesinde bir muhafaza nesnesi ile birden fazla boru ya da kablo arasındaki ilişki nesne düzeyinde temsil edilir.



Şekil 6.6 Hat setleri - temel sınıflar

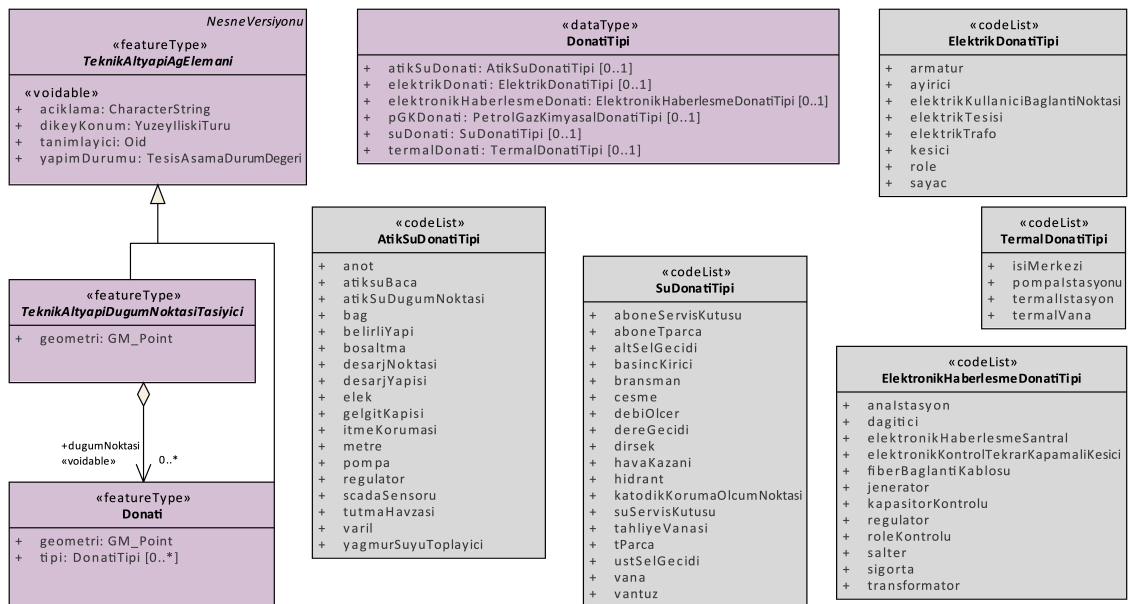
Soyut *HatSekilBoyut* sınıfı; kablo, boru ve muhafaza nesnelerinin şekil ve boyut ölçülerini ifade etmek için eklenmiş, *TeknikAltyapiHatSeti* ile ilişkilendirilmiştir. Dikdörtgen, dairesel veya diğer tip (trapez vb.) kesitli olabilen hatların ölçüleri; *DikdortgenKesitHat*, *DaireselKesitHat*, *DigerKesitHat* sınıflarında iç veya dış çap, genişlik, yükseklik değerleriyle tutulur (Şekil 6.6). Borular için benzer bir yaklaşım UNADE modelinde yer almaktadır.

Boru ve *Kablo* sınıfları, elektrik, elektronik haberleşme, petrol/gaz/kimyasal, termal, su ve atık su altyapı türlerine özgü; gerilim, taşınan madde özellikleri, akış tipi gibi öznitelikleri temsil eden sınıflarla detaylandırılmıştır (Şekil 6.7). Bu amaçla soyut *Kablo* sınıfı *ElektronikHaberlesmeHat* ve *ElektrikHat* sınıflarıyla; *Boru* sınıfı ise; *PetrolGazKimyasalHat*, *TermalHat*, *AtikSuHat* ve *SuHat* sınıflarıyla genişletilmiştir. Bu sınıflandırma, INSPIRE, IMKL ve TUCBS-AY modellerinde de kullanılmaktadır. Bu modellerde, hat setlerine ait sınıfların öznitelikleri ve özniteliklerinin alabileceği



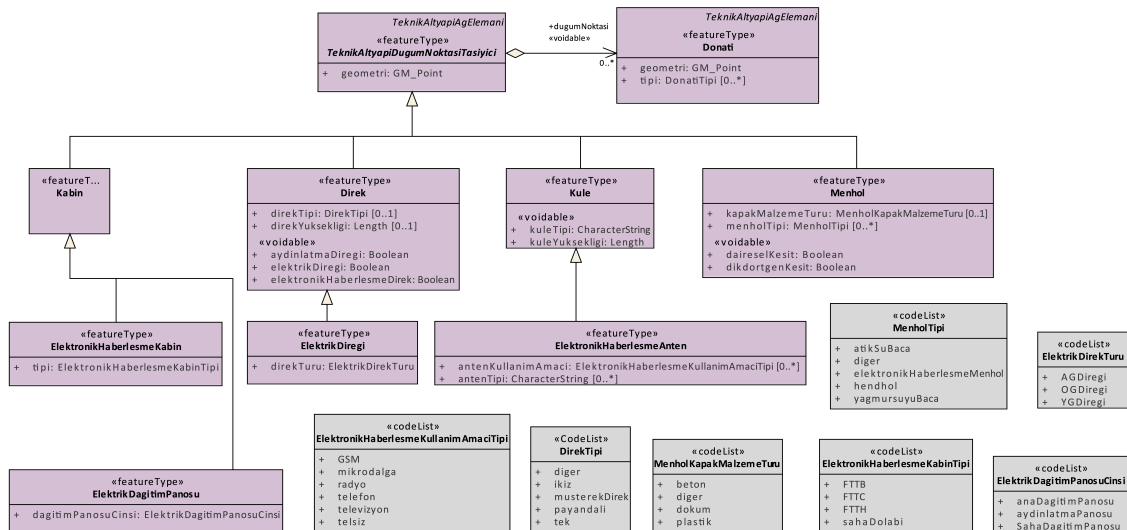
Şekil 6.8 Bir elektrik hattının TAVM (solda) ve TUCBS-AY (sağda) modellerinde nesne örneği düzeyinde gösterimi

tipleriyle tanımlanır ve bu tipler uygulama şemalarında bulunan değer listelerinde belirtilmektedir. Bir başka ifadeyle, her uygulama şemasına donatılar için bir sınıf bulunur ve bunların tipleri değer listeleri ile tanımlanır. TUCBS-AY'de ise uygulama şemalarında farklı donatı tipleri için ayrı alt sınıflar oluşturulmuştur. TAVM'de, INSPIRE-UN'da belirlenen yaklaşıma benzer şekilde donatılar, *Donatı* sınıfının *tipi* özneliği ile tanımlanır. Bu özneliğin tipi bir veri tipi (dataType) olarak tasarlanan *DonatıTipi*'dir. *DonatıTipi* sınıfı; atikSuDonatı, elektrikDonatı, elektronikHaberlesmeDonatı, pGKDonatı, suDonatı, ve termalDonatı özneliklerine sahiptir. Bunların değerleri ise, sırasıyla, AtikSuDonatıTipi, ElektrikDonatıTipi, PetrolGazKimyasalDonatıTipi ve TermalDonatıTipi değer listelerinde tanımlanır. Değer listeleri, TUCBS-AY'de bunlara karşılık gelen değer listelerinden ve ayrı birer sınıf olarak tasarlanan sınıflardan derlenmiştir.



Şekil 6.9 Donatılar

Düğüm noktası taşıyıcıları, altyapı hizmetlerinde kullanılan ve donatıları kapsayan, koruyan veya donatılara erişim sağlayan yapılardır. Ağ geometrisine katılmazlar. Şekil 6.10'de yer alan Kabin, Direk, Kule ve Menhol sınıfları, tüm ağ elemanlarında yer alan düğüm noktası taşıyıcıları için ortak öznitelikleri içermektedir. Kabin sınıfı, ElektronikHaberlesmeKabin ve ElektrikDagitimPanosu sınıfları ile genişletilmiştir. Bu nesnelerin tipleri, ElektronikHaberlesmeKabinTipi ve ElektrikDagitimPanosuCinsi değer listeleri ile belirlenmektedir. Direk sınıfı, direkTipi ve direkYuksekligi öznitelikleri ile tanımlanmıştır. Ayrıca, direğin aydınlatma, elektrik ya da elektronik haberleşme direği olup olmadığı *boolean* veri tipindeki özniteliklerle seçilebilir. Kule sınıfı, ElektronikHaberkesmeAnten sınıfı ile genişletilmiştir. Bu sınıfta, antenin kullanım amacı ve tipi tanımlanmaktadır (Şekil 6.10). Donatılar ile TeknikAltyapiDugumNoktasıTasiyici'lerinin arasındaki toplama (aggregation) ilişkisi, düğüm noktası taşıyıcılarının donatılardan oluşabileceğini ifade eder. Örneğin, düğüm noktası taşıyıcısı olan elektrik dağıtım panoları ile içlerindeki sigortalar (donatılar) ilişkilendirilebilir.



Şekil 6.10 Düğüm Noktası Taşıyıcıları

Şekil 6.11, teknik altyapı tesislerine ait yasal mekanın (yasal nesnelerin) (TRA_TAYasalMekan) LADM kavramsal modeline uygun biçimde temsiline yönelik sınıf ve ilişkiler göstermektedir. Tüm fiziksel teknik altyapı tesislerini temsil eden TeknikAltyapiAgElemani sınıfı, TRA_TAYasalMekan ile ilişkilendirilmiştir. Bu ilişki iki yönlüdür. Böylelikle, hem yasal nesneleri oluşturan fiziksel altyapı tesisleri, hem de fiziksel tesislerin yasal mekanları ifade edilebilir. TRA_TAYasalMekan, *tip* özneliğine sahiptir. Tip, TeknikAltyapiAgi sınıfında da kullanılan olan TeknikAltyapiTuru değer listesinde tanımlanmaktadır (Şekil 6.5).

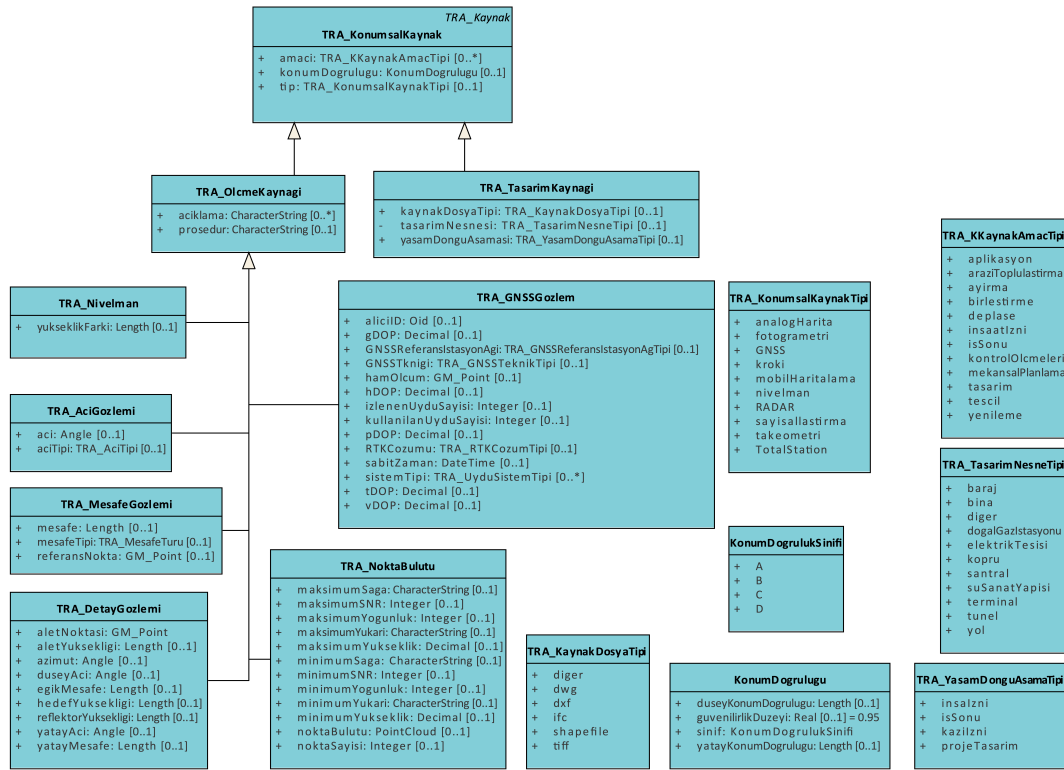
TRA_TAYasalMekan ile TeknikAltyapiAgElemani arasındaki ilişkiyi tanımlayan YasalMekanIliski ilişkisi sınıfı, yatayKonumIliskisi ve duseyKonumIliskisi özniteliklerine

sahiptir. Bunlar, yasal ve fiziksel nesneler arasındaki konumsal ilişkiyi açıkça belirtmek için kullanılabilir. LADM, konumsal birimler (LA_SpatialUnit, TRA_KonumsalBirim) arasındaki konumsal ilişkileri açıkça belirtmek için ISO:19125-2 standardındaki tanımlamaların kullanılabileceğini belirtmektedir. Ayrıca, ISO 19107:2019 standardındaki (içerir -*contains*-, kesişir -*intersect*-, içindedir -*within*-, keser -*crosses*-vb.) topolojik ilişki tanımlamaları da kullanılabilir (ISO, 2019).

Şekil 6.11 Yasal bileşenler

TRA_TAYasalMekan ve TRA_Parsel, birer konumsal birimdir. TRA_KonumsalBirim, LADM'de yasal ve idari tanımlamaların (TRA_TescilBirimi) alan, boyut, hacim, yer yüzeyine göre konumu gibi konumsal özelliklerini tanımlar ve geometrilerini ifade etmek için kullanılır. yuzeyIliski özniteliği; asılı veya yükseltilmiş, yer altında, yer yüzeyinde ya da karma değerlerini alabilmektedir. Bu durum *dikeyKonum* özniteliği ile TeknikAltyapiAgElemanlari sınıfında fiziksel tesisler için ayrıca tanımlanmaktadır. LADM'deki *LA_Level* sınıfına karşılık gelen *TRA_Katman*; geometrik, topolojik ya da tematik bakımdan bir bütünlük sağlayan konumsal birimleri gruplandırmak için kullanılabilir. Bu gruplar, ormanlar ya da kamu orta malları gibi farklı sicillere kaydedilen konumsal birimler olabilir. Benzer şekilde, arzi irtifak haklarının konumsal birimleri de bir katmanda toplanabilir.

TRA_KonumsalBirim sınıfı ile hem de TeknikAltyapiAgElemani sınıfı ile ilişkili olup, tesislerin hem yasal hem de fiziksel bileşenlerinin coğrafi veri kaynağı temsiline olanak verir. Burada belirtilen konumDogrulugu özneliği KonumDogrulukSinifi değer listesinde tanımlanmıştır. Buradaki A,B,C ve D değerleri ASCE, (2003)'te belirtilen sınıflandırmaya karşılık gelir. TRA_KonumsalKaynak ve LADM'nin yeni versiyonu için geliştirilmekte olan ölçme modeli (Şekil 4.20) ile genişletilmiştir (Kalogianni vd., 2021). Konumsal kaynaklar, ölçme veya tasarım kaynakları olabilmektedir. Ölçme kaynaklarında (TRA_OlcmeKaynagi), nivelman, aç gözlemi, mesafe gözlemi, detay gözlemi, GNSS ve nokta bulutu ölçü verileri tutulur. TRA_TasarimKaynagi sınıfı teknik altyapı ve diğer inşaat projelerine ilişkin bilgileri temsil eder. Tasarım nesnesi TRA_TasarimNesne değer listesinde belirtilen bina, elektrikTesis, suSanatYapisi, tünel, yol, vb. olabilir. yasamDonguAsamasi özneliği tasarım kaynağının, inşaat izni, iş sonu, kazı izni, proje tasarım vb. gibi süreçlerden birisinde üretildiğini belirtilebilir.



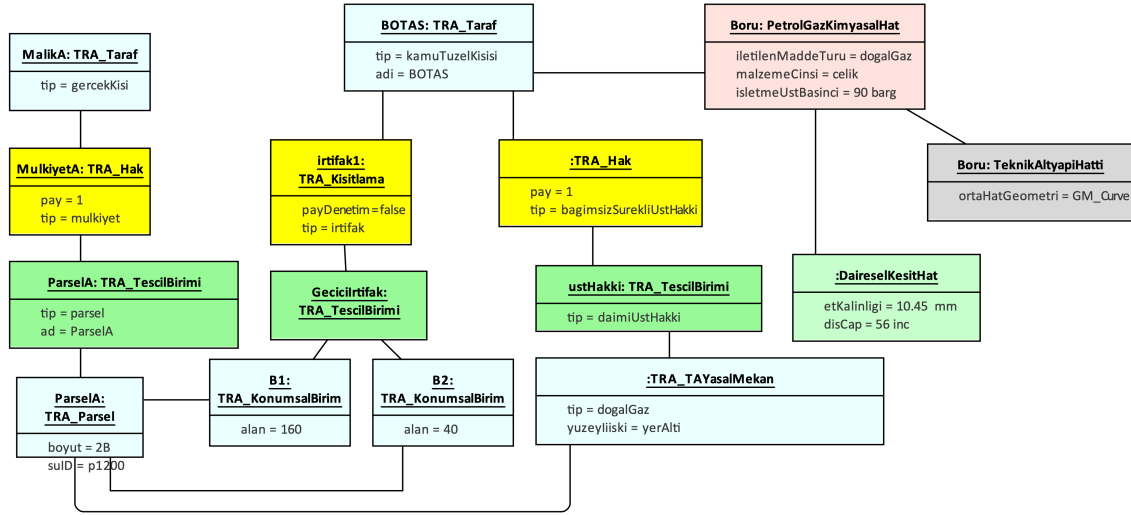
Şekil 6.13 Konumsal Birimlerin Ölçme Kaynakları

6.2 Modelin Test Edilmesi

6.2.1 Nesne Diyagramları

Nesne diyagramlarının (*object diagram*) amacı, gerçek dünya olaylarında (vakalarda) bulunan nesnelerin, nesne özelliklerinin ve nesneler aralarındaki ilişkilerin, tasarlanan model aracılığıyla ne ölçüde temsil edildiğini sınamaktır.

kurulmuştur (TANAP, 2014). Örnek diyagramında, ParselA altından boru hattı geçirilen taşınmazdır ve MalikA gerçek kişinin mülkiyetindedir. Bu parsel üzerinde BOTAŞ lehine kurulan geçici irtifak hakkı, *TRA_Kisitlama* sınıfının bir örneğidir ve konumsal birimleri B1 ve B2'dir. Bağımsız ve sürekli üst hakkının geçerli olduğu konumsal birim, *TRA_TAYasalMekan* sınıfının nesne örneğidir. BOTAŞ, *TRA_Taraf* nesnesidir ve irtifak hakkı (kısıtlama) ile üst hakkı sahibi; aynı zamanda fiziksel teknik altyapı tesisinin sahibidir.



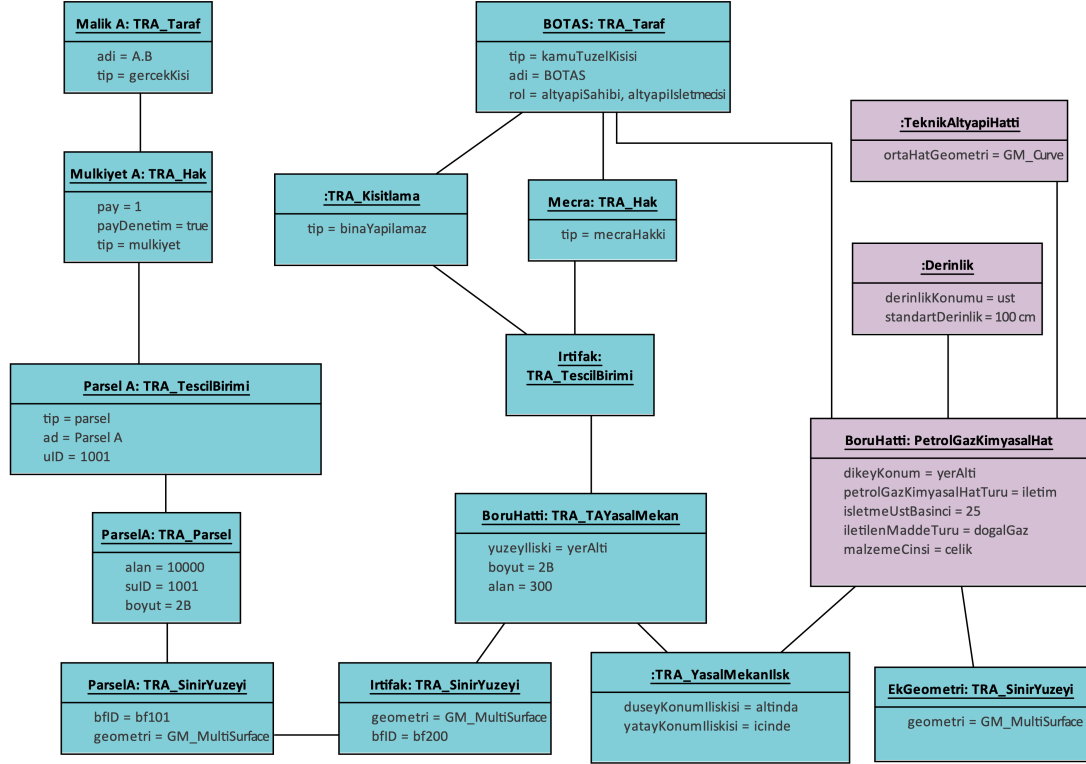
Şekil 6.15 Boru hattı güzergahında geçici irtifak ve üst hakkı tesisi

Şekil 6.16'de yer alan örnek durum, Malik A'nın mülkiyetinde bulunan ParselA üzerinde, BOTAŞ lehine kurulan mecra hakkını göstermektedir. Burada mecra hakkının, yani yasal nesnenin sınırları *TRA_TAYasalMekan* sınıfının örneğidir. Bu yasal nesne, hem ParselA ile hem de *TRA_YasalMekanIlisk* ilişki sınıfının örneği aracılığıyla fiziksel BoruHatti nesne örneği ile ilişkilidir. Bu örnek durumda, BOTAŞ lehine kurulan mecra irtifakı, ayrıca taşınmaz üzerinde bina yapılmasını kısıtlamaktadır. Bu kısıtlama, *TRA_Kisitlama* sınıfının bir örneğidir.

Oluşturulan nesne diyagramları, teknik altyapı tesislerine ilişkin yasal durum ve özelliklerinin fiziksel nesnelerle birlikte temsil edilebildiğini ortaya koymaktadır.

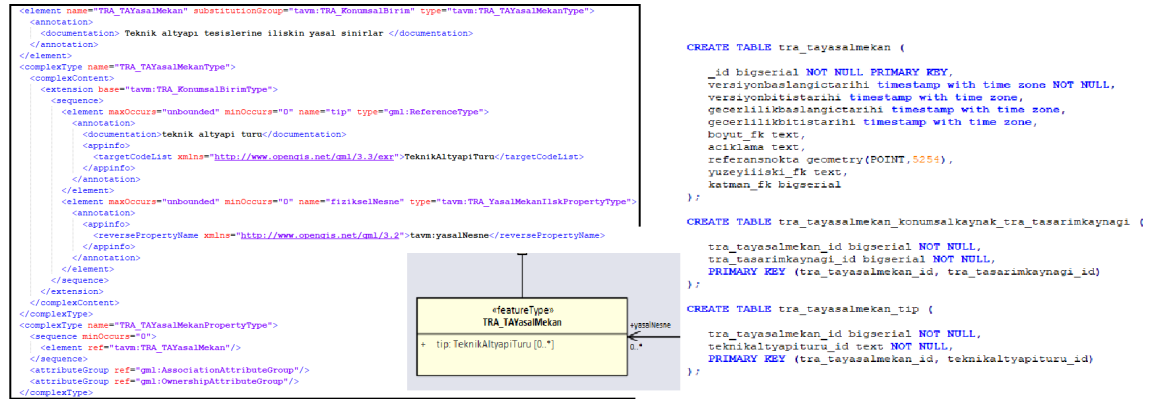
6.2.2 Platforma Bağımlı Şemaların ve Veri Örneklerinin Oluşturulması

Kavramsal şema dilinde (UML) geliştirilen coğrafi veri modellerinin veri transfer format şemalarına (ör. gml şema, json şema, yazılıma bağımlı veritabanı şemaları vb.) dönüşümü, belirli dönüşüm kuralları aracılığıyla gerçekleştirilir. Shapechange, ISO:19109 standardına uygun biçimde geliştirilmiş uygulama şemalarının, veri transfer



Şekil 6.16 Parsel üzerinde tescil edilen irtifak hakkı ve ilişkili boru hattının fiziksel bileşeni

format şemalarına otomatik bir biçimde dönüştürülmesini sağlayan bir java aracıdır¹. TAVM, Shapechange aracı kullanılarak GML şemasına ve SQL Veri Tanımlama Diline (SQL Data Description Language - SQL DDL) dönüştürülmüştür (Şekil 6.17).



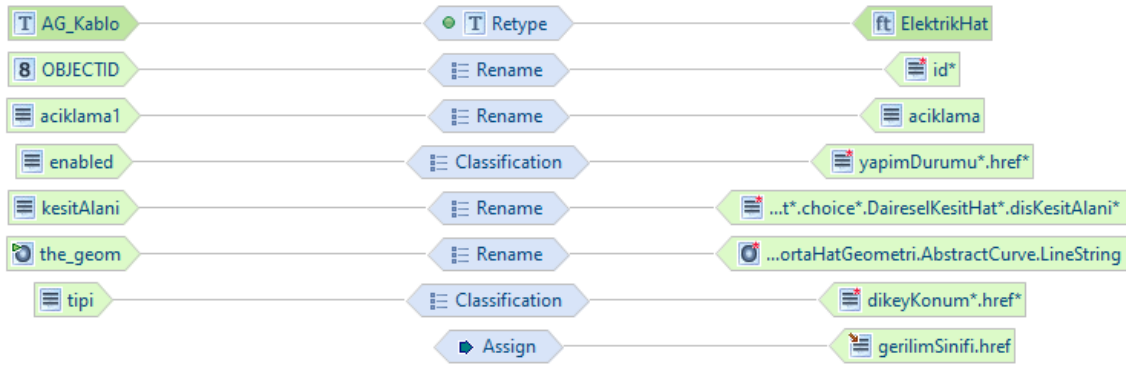
Şekil 6.17 UML modelinin GML uygulama şemasına ve SQL Veri Tanımlama SQL DDL'e dönüşümünün bir bölümü

Platforma bağımlı şemaların nesne örnekleri ile test edilmesi için, İkitelli Organize Sanayi Bölgesinde bulunan elektrik şebekesinin işletmesinde kullanılan, ESRI shapefile formatında bir coğrafi veri seti kullanılmıştır. Veri seti, alçak gerilimli ve orta gerilimli

¹<https://shapechange.net>

olarak sınıflandırılan elektrik hatları ile transformatör, dağıtım panoları gibi elektrik şebekelerine ilişkin coğrafi verilerin yanı sıra, parsel, bina, adres vb. gibi verileri içermektedir. Teknik altyapı tesis verileri iki boyutludur ve derinlik/yükseklik bilgisini içermemektedir. Bu verilerden parseller ile alçak ve orta gerilimli kablo katmanları kullanılmıştır.

Orijinal kaynaktaki verinin TAVM-GML uygulama şemasına dönüşümü için, öncelikle şemaların eşleştirilmesi gerekmektedir. Bu amaçla, Humboldt Uyumlaştırma Editörü² (Humboldt Alignment Editor – HALE) yazılımı kullanılmıştır. Şekil 6.18, bu yazılımla gerçekleştirilen eşleştirmenin bir bölümünü göstermektedir. Bu eşleştirmeler kaydedilerek daha sonra yeniden aynı şemalar arasındaki veri şeması dönüşümü için kullanılabilir. Örneğin bir teknik altyapı kuruluşu, kendi şeması (kaynak şema) ile ortak bir veri değişim modeli (hedef şema) arasında bir kere tanımladığı eşleştirmeleri, bu şemalarda değişiklik olmadığı sürece tekrar kullanabilir.



Şekil 6.18 Şema eşleme

Şema dönüşüm kurallarının tanımlanmasının ardından, orijinal kaynağında bulunan verilerden aynı yazılım aracılığıyla TAVM uygulama şemasına ve veri transferine uygun GML nesne örnekleri üretilmiştir.

²url=<https://www.wetransform.to/products/halestudio/>

7 SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu tez çalışmasında kentsel teknik altyapı tesislerine ilişkin coğrafi veri yönetimini destekleyen bir veri modeli tasarlanmıştır. Bu kapsamda; (1) altyapı hizmetlerini kullanıcılara ulaştırmaya yarayan fiziksel altyapı nesneleri ile (2) bu nesnelerin yasal/konumsal bileşenleri bütüncül bir biçimde ele alınmıştır. Arazi bilgi yönetimi kapsamında teknik altyapı tesislerin yasal ve fiziksel sınırlarını birlikte temsil etmek için LADM standart kavramsal veri modeli temel alınmış; ülkemizde arazi bilgi yönetimi kapsamında teknik altyapı tesislerine ilişkin yasal düzenlemeler, LADM'nin sunduğu kavramsal yapıya uyarlanmıştır. Fiziksel/konumsal özelliklerin temsili için TUCBS-AY (ve INSPIRE-UN) uygulama şemaları başta olmak üzere, UNADE, MUDDI, IMKL, LandInfra/InfraGML gibi diğer ulusal ve uluslararası coğrafi veri modellerinden ve farklı ülkelerdeki uygulama ve yaklaşımlardan faydalanılmıştır.

Geliştirilen coğrafi veri modelinin tesislerin yasal ve fiziksel bileşenlerini içeren durumları temsil etme yeteneği nesne örneği diyagramlarıyla test edilerek işlevselliği ortaya konmuştur. Anlamsal bakımdan test edilen model, ayrıca, fiziksel modellere dönüştürülerek modelin gerçekleştirimi sağlanmış, böylelikle sözdizimsel bakımdan test edilmiştir.

TAVM'nin; Türkiye'deki altyapı sektöründe yer alan kuruluşların kullanıldığı/gereksinim duyduğu TUCBS-AY ile belirlenmiş olan coğrafi verileri, INSPIRE ve IMKL modellerine yakın bir detay düzeyinde içermesi hedeflenmiştir. Bu doğrultuda, TUCBS-AY'de tanımlanan altı uygulama şemasının birleştirilmesiyle oluşturulan uygulama şemasında bazı detay tipleri genelleştirilmiştir. Bununla beraber, LADM'de yer alan model elemanları ile yasal hak ve sınırlar, taraf bilgileri, ölçme ve konumsal kaynak bilgilerinin temsiline olanak vererek işlevselliği artırılmıştır. TAVM, hem taşınmaz maliklerinin hem de tesis sahiplerinin haklarının korunması için, üç boyutlu coğrafi verilerin kadastral sistemde temsiline olanak vermektedir.

Arazi bilgi yönetimi kapsamında teknik altyapı tesisleri ile ilgili mevcut yasal düzenlemeler, bu tesislere ilişkin hukuki durumun parseller ile ilişkili bir biçimde

tanımlanmasına olanak vermektedir. Bu tezde sunulan bütünleşik yaklaşımın, teknik altyapı planlaması ile kentsel planlamaya katkı sağlayacağı değerlendirilmektedir.

TAVM, teknik altyapı tesisleri verilerinin önceden belirlenmiş kurallara göre bir kere üretildiği ve doğruluğunun güvencelendiği resmi bir sicile temel oluşturabilir. Altyapı tesislerinin proje, inşa, onarım, işletme gibi süreçleri, büyük ölçekli inşaat projeleri, afet planlama gibi birçok faaliyet, doğru ve güvenilir teknik altyapı bilgisin kullanımı ve üretimini gerektirmektedir. Bu veriler, kullanım amaçlarına göre farklı doğruluk ve detay düzeylerinde olabilmektedir. TAVM, verinin üretimine ve üretilen ya da mevcut verinin kalitesine yönelik tanımlamaları içermektedir. Verinin kalitesi ve doğruluğuna yönelik bilgilerin resmi biçimde kaydedilmesi, verinin güvenilirliğini artırarak gereksiz veya tekrarlı coğrafi veri üretimini önleyecektir.

TAVM, teknik altyapı sicillerinin kurulmasının yanı sıra ilgili kuruluşlar arasında coğrafi veri değişimine temel oluşturacak niteliktedir. Altyapı kuruluşlarının özelleşmesiyle sayılarının artması, kentlerdeki nüfus artışı ve teknolojik etmenler, altyapı faaliyetlerinin koordineli bir biçimde yürütülme gereksinimini artırmaktadır. Tasarlanan veri modelinin ve/veya bu veri modeli temel alınarak oluşturulacak sicillerin, coğrafi veri değişim uygulamalarını iyileştirerek altyapı tesislerinin proje ve uygulama süreçlerinde zaman ve ekonomik kayıpların önlenmesine, can ve mal güvenliğinin sağlanmasına katkı sağlayacağı değerlendirilmektedir. Bununla beraber, sicillerin tutulmasına yönelik yasal ve kurumsal hususların tartışılması gerekmektedir. Altyapı tesislerine ilişkin coğrafi verilerin ilgili kullanıcılarla bütünleşik biçimde paylaşımına yönelik esasların belirlenmesi, hassas bilgilerin paylaşımını güvenli kılacaktır.

- Aien, A., Kalantari, M., Rajabifard, A., Williamson, I., & Bennett, R. (2013). Utilising data modelling to understand the structure of 3D cadastres. *Journal of Spatial Science*, 58(2), 215–234. <https://doi.org/10.1080/14498596.2013.801330>
- Al-Bayati, A. J., & Panzer, L. (2019). Reducing damage to underground utilities: Lessons learned from damage data and excavators in north carolina. *Journal of Construction Engineering and Management*, 145(12). [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)CO.1943-7862.0001724](https://doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0001724)
- Al-Hader, M., Rodzi, A., Sharif, A. R., & Ahmad, N. (2009). Smart city components architecture. *2009 International Conference on Computational Intelligence, Modelling and Simulation*, 93–97. <https://doi.org/10.1109/CSSim.2009.34>
- American Society of Civil Engineers (ASCE). (2003). *Standard guideline for the collection and depiction of existing subsurface utility data* (CI/ASCE 38-02). American Society of Civil Engineers. <https://doi.org/10.1061/9780784406458>
- American Society of Civil Engineers (ASCE). (2018). *Standard Guideline for Recording and Exchanging Utility Infrastructure Data* (White Paper). https://www.asce.org/uploadedFiles/Technical_Areas/Construction_Engineering/Content_Pieces/as-built-standards-whitepaper.pdf. [Erişim Tarihi: 15.07.2021].
- Atkinson, R., & Groffen, J. (2011). *OWS-8 domain modelling cookbook* (OGC Engineering Report). Open Geospatial Consortium (OGC). <https://www.ogc.org/pub/www/ows8/deliverables.html>. [Erişim Tarihi: 15.07.2021].
- Austin, R. F., DiSera, D. P., & Brooks, T. J. (2015). *GIS for critical infrastructure protection* (1. Baskı). CRC Press. <https://doi.org/10.1201/b18839>
- Ayan, M. (2017). *Eşya Hukuku III - Sınırlı Aynı Haklar* (8. Baskı). Seçkin Yayıncılık.
- Ayazlı, İ. E. (2006). *Üç Boyutlu Kadastro* (Yüksek Lisans Tezi). Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Bajt, J. (2016). The role of geodesy in the transformation of utility cadastre from records to public register. *SIG 2016 : Proceedings of the International Symposium on Engineering Geodesy, Varaşdin, May 20–22, 2016*, 387–398. http://www.geof.unizg.hr/pluginfile.php/7437/mod_book/chapter/173/TS4_4.pdf [Erişim Tarihi: 15.07.2021].
- Beck, A. R., Fu, G., Cohn, A. G., Bennett, B., & Stell, J. G. (2008). A framework for utility data integration in the uk. In V. Coors, M. Rumor, E. M. Fendel, & S. Zlatanova (Eds.), *Proceedings of the urban data management society symposium*

2007, Germany, 10-12 October 2007 (ss. 261–276). Taylor & Francis Group, Londra.

- Becker, T., Nagel, C., & Kolbe, T. H. (2011). Integrated 3D modeling of multi-utility networks and their interdependencies for critical infrastructure analysis. In T. H. Kolbe, G. König, & C. Nagel (Eds.), *Advances in 3D geo-information sciences* (ss. 1–20). Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-642-12670-3_1
- Becker, T., Bartels, M., Hahne, M., Hempel, L., & Lieb, R. (2012). Cascading effects and interorganisational crisis management of critical infrastructure operators. findings of a research project. *Proceedings of the 8th international conference on geo-information for disaster management - best practices* (pp. 105–116).
- Becker, T., Nagel, C., & Kolbe, T. H. (2013). Semantic 3D modeling of multi-utility networks in cities for analysis and 3D visualization. In J. Pouliot, S. Daniel, F. Hubert, & A. Zamyadi (Eds.), *Progress and new trends in 3D geoinformation sciences* (pp. 41–62). Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-642-29793-9_3
- Besemer, J. W. J., Laarakker, P. M., Murre, L. M., Borgesius, N. W. Z., & Kroode, R. B. M. t. (2006). Basic registers for geo-information. *Shaping the Change: XXIII FIG Congress, Munich, Germany, October 8-13, 2006* (pp. 1–20). International Federation of Surveyors (FIG). https://www.fig.net/resources/proceedings/fig_proceedings/fig2006/papers/ts52/ts52_01_besemer_et_al_0259.pdf
- Bilgi Teknolojileri İletişim Kurumu (BTK). (2017). Elektronik Haberleşme Altyapı Tesisleri Referans Dokümanı. <https://www.btk.gov.tr/uploads/pages/slug/elektronik-haberles-me-altyapisina-i-lis-kin-yer-alti-tesisleri-asgari-gereklilikler.pdf> [Erişim Tarihi: 15.01.2021].
- Biljecki, F., Kumar, K., & Nagel, C. (2018). Citygml application domain extension (ade): Overview of developments. *Open Geospatial Data, Software and Standards*, 3(1), 13. <https://doi.org/10.1186/s40965-018-0055-6>
- Boates, I., Agugiaro, G., & Nichersu, A. (2018). Network modelling and semantic 3D city models: Testing the maturity of the utility network ade for citygml with a water network test case. *ISPRS Annals of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 4, 13–20. <https://doi.org/10.5194/isprs-annals-IV-4-13-2018>
- Bogaerts, T., & Zevenbergen, J. (2001). Cadastral systems — alternatives. *Computers, Environment and Urban Systems*, 25(4), 325–337. [https://doi.org/10.1016/S0198-9715\(00\)00051-X](https://doi.org/10.1016/S0198-9715(00)00051-X)
- British Standard Institute (BSI). (2014). *Specification for underground utility detection, verification and location* (PAS 128:2014).
- Canadian Standards Association (CSA). (2011). *Mapping of underground utility infrastructure* (CSA S250-2011). American Society of Civil Engineers.

- Cheng, J. C., Lu, Q., & Deng, Y. (2016). Analytical review and evaluation of civil information modeling. *Automation in Construction*, 67, 31–47. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.autcon.2016.02.006>
- Coğrafi Bilgi Sistemleri Genel Müdürlüğü (CBSGM). (2020). *Türkiye Ulusal Coğrafi Bilgi Sistemi Altyapı Teması Veri Tanımlama Dokümanı* (Sürüm 1.0). Çevre ve Şehircilik Bakanlığı. https://tucbs-public-api.csb.gov.tr/tucbs/tucbs_tanimlama_dokumanlari/TUCBS_AY.pdf. [Erişim Tarihi: 05.05.2021].
- Conseil National de l'Information Géographique, (CNIG). (2019). *Géostandard de réseaux: Star-dt*. http://cnig.gouv.fr/wp-content/uploads/2019/11/CNIG_STAR-DT_v1.0.pdf. [Erişim Tarihi: 21.03.2021].
- Dale, P., & McLaren, R. (1999). GIS in land administration. In P. Longley, M. Goodchild, D. Maguire, & D. Rhind (Eds.), *Geographical information systems* (pp. 859–875).
- den Duijn, X., Aguiaro, G., & Zlatanova, S. (2018). Modelling-below and above-ground utility network features with the citygml utility network ade: Experiences from rotterdam. *Isprs annals of photogrammetry, remote sensing and spatial information sciences* (pp. 43–50). <https://doi.org/10.5194/isprs-annals-IV-4-W7-43-2018>
- Döner, F., Thompson, R., Stoter, J., Lemmen, C., Ploeger, H., van Oosterom, P., & Zlatanova, S. (2011). Solutions for 4D cadastre - with a case study on utility networks. *International Journal of Geographical Information Science*, 25(7), 1173–1189. <https://doi.org/10.1080/13658816.2010.520272>
- Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu (EPDK). (2010). *2010 yılı doğal gaz piyasası sektör raporu*. <https://www.epdk.gov.tr/Detay/Icerik/3-0-94-1007/dogal-gazyillik-sektor-raporu>. [Erişim Tarihi: 07.02.2021].
- Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu (EPDK). (2021). *Elektrik piyasası 2020 yılı piyasa gelişim raporu*. <https://www.epdk.gov.tr/Detay/Icerik/3-0-24/elektrikyillik-sektor-raporu>. [Erişim Tarihi: 07.02.2021].
- Enönü, R. (2020). *Kentsel Yönetimlerde Altyapı Yönetim Bilgi Sisteminin Oluşturulması: İstanbul Büyükşehir Belediyesi Örneği* (Yüksek Lisans Tezi). İbn Haldun Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü.
- Erdin, H. E. (2009). *Şehirsel Yerleşmelerde Teknik Altyapı Projelerinin Ortak - Eşgüdüm- sel Niteliklerinin Belirlenmesi Örnek Alan: Tire Belediyesi/İzmir* (Doktora Tezi). Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Fossatti, F., Aguiaro, G., olde Scholtenhuis, L., & Dorée, A. (2020). Data modeling for operation and maintenance of utility networks: Implementation and testing. *ISPRS Annals of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, VI-4/W1-2020, 69–76. <https://doi.org/10.5194/isprs-annals-VI-4-W1-2020-69-2020>
- Gale, W., & Hammerschmidt, A. (2015). *Innovation in technologies to support the storage, retrieval, and use of 3-d utility location data in highway renewal*. Transportation Research Board of the National Academies.

- Geospatial Commission. (2020). *National underground asset register*. https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/897060/Project_Orange_V3_01.07.pdf. [Erişim Tarihi: 12.01.2021].
- Gózdź, K. J., & van Oosterom, P. J. M. (2016). Developing the information infrastructure based on LADM – the case of Poland. *Survey Review*, 48(348), 168–180. <https://doi.org/10.1179/1752270615y.0000000018>
- Halfawy, M. R. (2010). Municipal information models and federated software architecture for implementing integrated infrastructure management environments. *Automation in Construction*, 19(4), 433–446. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2009.11.013>
- Hayes, J., & McDermott, V. (2018). Working in the crowded underground: One call services as a boundary object. *Safety Science*, 110, 69–79. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2017.09.019>
- Infrastructure for Spatial Information in Europe (INSPIRE). (2013a). *INSPIRE data specification on utility and government services – technical guidelines* (D2.8.III.6_v3.0). European Commission Joint Research Centre. http://inspire.ec.europa.eu/documents/Data_Specifications%20INSPIRE_DataSpecification_US_v3.0.pdf. [Erişim Tarihi: 01.06.2021].
- Infrastructure for Spatial Information in Europe (INSPIRE). (2013b). *INSPIRE data specifications – base models – generic network model* (D2.10.1_v1.0rc3). http://inspire.ec.europa.eu/documents/Data_Specifications/D2.10.1_GenericNetworkModel_v1.0rc3.pdf. [Erişim Tarihi: 01.06.2021].
- International Federation of Surveyors, ((1995). *Fig statement on the cadastre technical report publication no. 11, fédération internationale des géomètres*. <https://www.fig.net/resources/publications/figpub/pub11/figpub11.asp>
- International Organization for Standardization (ISO). (2011). *Geographic information — encoding* (ISO 19118:2011).
- International Organization for Standardization (ISO). (2012). *Geographic information – land administration domain model (LADM)* (19152:2012).
- International Organization for Standardization (ISO). (2014). *Geographic information — reference model — part 1: Fundamentals* (ISO 19101-1:2014).
- International Organization for Standardization (ISO). (2015a). *Geographic information — conceptual schema language* (ISO 19103:2015).
- International Organization for Standardization (ISO). (2015b). *Geographic information — rules for application schema* (ISO 19109:2015).
- International Organization for Standardization (ISO). (2019). *Geographic information — spatial schema* (19107:2019).
- International Organization for Standardization (ISO). (2020). *Geographic information — geography markup language (gml) — part 1: Fundamentals* (ISO 19136-1:2020).

- Islam, T., & Moselhi, O. (2012). Modeling geospatial interdependence for integrated municipal infrastructure. *Journal of Infrastructure Systems*, 18(2), 68–74. [https://doi.org/10.1061/\(asce\)is.1943-555x.0000065](https://doi.org/10.1061/(asce)is.1943-555x.0000065)
- İstanbul Büyükşehir Belediyesi (İBB). (2020). Altyapı Bilgi Sistemi. <https://aybis.ibb.gov.tr/>. [Erişim Tarihi: 01.06.2020].
- Jamil, H., Yusoff, M. Y. M., Nomanbhoy, Z., & Yusof, N. A. M. (2015). Current progress on underground utility mapping in malaysia. *Fig working week 2015 from the wisdom of the ages to the challenges of the modern world, 17-21 may 2015, sofia, bulgaria*.
- Janssen, B. A. M. (2010). *Wie heeft de leiding? - ownership of cables and pipelines* (Doktora Tezi).
- Jung, Y. J. (2012). Evaluation of subsurface utility engineering for highway projects: Benefit–cost analysis. *Tunnelling and Underground Space Technology*, 27(1), 111–122. <https://doi.org/10.1016/j.tust.2011.08.002>
- Kadaster. (2012). *Meğunarodni dobri praksi za podzemen/infrastrukturen katastar*. https://www.katastar.gov.mk/wp-content/uploads/profesionalni_korisnici/infrastruktura/IzvestajZaInternacionalniDobriPrimeri.pdf
- Kalogianni, E., Dimopoulou, E., Gruler, H.-C., Stubkjaer, E., LEMMEN, C., & VAN OOSTEROM, P. (2021). Developing the refined survey model for the LADM revision supporting interoperability with LandInfra. *FIG e-Working Week 2021: Challenges in a new reality Virtually in the Netherlands, 21–25 June 2021*.
- Karataş, K. (2007). *Kentsel Teknik Altyapı Tesisleri, Kadastrosu ve Türkiye’deki Uygulamaların Organizasyonu* (Doktora Tezi). Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Käser, C. (2017). Enhancements of the cadastral system in switzerland – public law restrictions on landownership and utility cadastre. *Joint WPLA/CLARKEN Workshop*. <https://eurogeographics.org/wp-content/uploads/2018/05/Enhancements-of-the-Cadastral-System-in-Switzerland-%E2%80%93-22Public-Law-Restrictions-on-Landownership22-and-22Utility-Cadastre22.pdf> [Erişim Tarihi: 11.04.2021].
- Kaufmann, J., & Steudler, D. (1998). *Cadastre 2014 – a vision for a future cadastral system*. FIG Publication. <https://www.fig.net/resources/publications/figpub/cadastre2014/translation/c2014-english.pdf>. [Erişim Tarihi: 21.05.2020].
- Kleppe, A., Warmer, J., & Bas, W. (2003). *Mda explained: The model driven architecture : Practice and promise*. Addison Wesley.
- Kolbe, T. H. (2009). Representing and exchanging 3D city models with CityGML. *3D geo-information sciences* (pp. 15–31). Springer.
- Konya Büyükşehir Belediyesi. (2021). Alt yapı koordinasyon merkezi projesi. <https://www.konya.bel.tr/sayfadetay.php?sayfaID=76>. [Erişim Tarihi: 12.06.2021].
- Kutlu Gürsel, M. (2012). *Kamulaştırma Hukuku* (2. Baskı). Seçkin Yayıncılık.

- Kutzner, T. (2016). *Geospatial data modelling and model-driven transformation of geospatial data based on UML profiles* (Doktora Tezi). Technischen Universität München, Münih.
- Kutzner, T., Chaturvedi, K., & Kolbe, T. H. (2020). Citygml 3.0: New functions open up new applications. *PFG – Journal of Photogrammetry, Remote Sensing and Geoinformation Science*, 88(1), 43–61. <https://doi.org/10.1007/s41064-020-00095-z>
- Kutzner, T., & Kolbe, T. H. (2016). Extending semantic 3D city models by supply and disposal networks for analysing the urban supply situation. *Lösungen für eine welt im wandel, dreiländertagung der sgpf, dgpf und ovg*, 36. wissenschaftlich-technische jahrestagung der dgpf (pp. 382–394).
- Lemmen, C., van Oosterom, P., Thompson, R., Hespanha, J., & Uitermark, H. (2010). The modelling of spatial units, parcels, in the land administration domain model, LADM. *XXIV FIG International Congress 2010 : Facing the Challenges: Building the Capacity. 11-16 April 2010, Sydney, Australia: Technical Programme and Proceedings* (pp. 1–21). International Federation of Surveyors (FIG). http://www.fig.net/pub/fig2010/papers/ts04k/ts04k_lemmen_vanoosterom_et_al_4214.pdf. [Erişim Tarihi: 02.02.2021].
- Lemmen, C., Alattas, A., Indrajit, A., Kalogianni, E., Kara, A., Oukes, P., & van Oosterom, P. The foundation of edition 11 of the land administration domain model. English. In: 2021, June, 1–17. <https://fig.net/fig2021/index.htm>. FIG e-Working Week 2021 : Challenges in a new reality ; Conference date: 20-06-2021 Through 25-06-2021
- Lemmen, C., van Oosterom, P., Kara, A., Kalogianni, E., Shnaidman, A., Indrajit, A., & Alattas, A. (2019). The scope of LADM revision is shaping-up. *8th Land Administration Domain Model Workshop 2019*, 1–36. <https://wiki.tudelft.nl/bin/view/Research/ISO19152/LADM2019Workshop> [Erişim Tarihi: 02.02.2021].
- Lemmen, C., van Oosterom, P., Uitermark, H., Zevenbergen, J., & Cooper, A. (2011). Interoperable domain models: The ISO Land Administration Domain Model (LADM) and its external classes. *28th Urban Data Management Symposium*, 38-4(C21), 31–39. <https://doi.org/10.5194/isprsarchives-XXXVIII-4-C21-31-2011>
- Lieberman, J., & Roensdorf, C. (2020). Modular approach to 3D representation of underground infrastructure in the model for underground data definition and integration (MUDDI). *ISPRS - International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, XLIV-4/W1-2020, 75–81. <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLIV-4-W1-2020-75-2020>
- Lieberman, J. (2019). *Model for underground data definition and integration (muddi) engineering report*. Open Geospatial Consortium. <https://docs.ogc.org/per/17-090r1.html>. [Erişim Tarihi: 12.09.2020].
- Lieberman, J., & Ryan, A. (2017). *OGC underground infrastructure concept study engineering report*. Open Geospatial Consortium. <http://docs.opengeospatial.org/per/17-048.html>. [Erişim Tarihi: 10.03.2020].

- Marean, J. B., & Gale, W. G. (2018). A coordinated utility emergency response: Addressing information-sharing barriers for utilities and emergency response organizations. *IEEE Electrification Magazine*, 6(2), 95–103. <https://doi.org/10.1109/mele.2018.2816847>
- Marzouk, M., & Othman, A. (2020). Planning utility infrastructure requirements for smart cities using the integration between BIM and GIS. *Sustainable Cities and Society*, 57, 102120. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2020.102120>
- Mesner, A., Šarlah, N., & Mlinar, J. (2010). Registration of the objects of public infrastructure at the national level and ensuring protection of public infrastructure. *International symposium on modern technologies, education and professional practice in geodesy and related fields*.
- Mohammadi, H., Rajabifard, A., & Williamson, I. P. (2010). Development of an interoperable tool to facilitate spatial data integration in the context of SDI. *International Journal of Geographical Information Science*, 24(4), 487–505. <https://doi.org/10.1080/13658810902881903>
- National Mapping and Spatial Data Committee (NMSDC). (2006). *Standard guideline for underground utility mapping*. <https://pejuta.com.my/wp-content/uploads/2015/06/Standard-Guidelines-For-Underground-Utility-Mapping-JUPEM.pdf>. [Erişim Tarihi: 23.07.2020].
- Neuman, M. (2006). Infiltrating infrastructures: On the nature of networked infrastructure. *Journal of Urban Technology*, 13(1), 3–31. <https://doi.org/10.1080/10630730600752728>
- Object Management Group (OMG). (2014). *Mda guide* (rev. 2.0, ormsc/2014-06-01). <https://www.omg.org/cgi-bin/doc?ormsc/14-06-01.pdf>. [Erişim Tarihi: 17.01.2020].
- Oğuzman, K., Seliçi, Ö., & Oktay-Özdemir, S. (2017). *Eşya Hukuku* (20. Baskı). Filiz Kitabevi, İstanbul.
- olde Scholtenhuis, L. L., den Duijn, X., & Zlatanova, S. (2018). Representing geographical uncertainties of utility location data in 3D. *Automation in Construction*, 96, 483–493. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2018.09.012>
- olde Scholtenhuis, L. L., Hartmann, T., & Dorée, A. G. (2016). 4d cad based method for supporting coordination of urban subsurface utility projects. *Automation in Construction*, 62, 66–77. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2015.10.013>
- Open Geospatial Consortium (OGC). (2016). *Ogc land and infrastructure conceptual model standard (landinfra)* (P. Scarponcini, Ed.; 15-111r1). <http://docs.opengeospatial.org/is/15-111r1/15-111r1.html>
- Open Geospatial Consortium (OGC). (2017a). *Ogc infragml 1.0: Part 0 – landinfra core - encoding standard* (P. Scarponcini, Ed.; 16-100r2). <http://www.opengis.net/doc/standard/infragml/part0/1.0>
- Open Geospatial Consortium (OGC). (2017b). *Ogc infragml 1.0: Part 2 – landinfra facilities and projects – encoding standard* (P. Scarponcini, Ed.; 16-102r2). <http://www.opengis.net/doc/standard/infragml/part2/1.0>

- Özdemir, A., Ataman, S., & Uslu, M. A. (2016). Büyükşehir Ölçeğinde Altyapının Konumsal Koordinasyonu: Ordu İli Örneği. 6. *Uzaktan Algılama-CBS Sempozyumu (UZAL-CBS 2016)*, 5-7 Ekim 2016, Adana (pp. 1185–1190).
- Petek, T. (2015). Consolidated cadastre of public utility infrastructure in Slovenia. *Utility Cadastre Seminar. 26.11.2015, Zagreb*. Council of European Geodetic Surveyors & State Geodetic Administration of the Republic of Croatia. <http://www.clge.eu/documents/events/181/slovenia.pdf>. [Erişim Tarihi: 02.12.2020].
- Ploeger, H. D., & Stoter, J. E. (2004). Cadastral registration of cross-boundary infrastructure objects. *Fig working week 2004, may 22-27, 2004, athens, greece*.
- Quiroga, C., Kraus, E., Scott, P., Swafford, T., Meis, P., & Monday, G. (2012). Identification of utility conflicts and solutions. <https://doi.org/10.17226/22819>
- Radulović, A., Sladić, D., Govedarica, M., Ristić, A., & Jovanović, D. (2019). LADM based utility network cadastre in serbia. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 8(5). <https://doi.org/10.3390/ijgi8050206>
- Ribberink, O. (2017). *Standardization of geo data exchange between network operators and contractors in underground utilities* (Yüksek Lisans Tezi). Geographical Information Management ve Applications (GIMA).
- Rinaldi, S. A., Peerenboom, J. P., & Kelly, T. K. (2001). Identifying, understanding, and analyzing critical infrastructure interdependencies. *IEEE Control Systems*, 21(6), 11–25. <https://doi.org/10.1109/37.969131>
- Rodrigues da Silva, A. (2015). Model-driven engineering: A survey supported by the unified conceptual model. *Computer Languages, Systems & Structures*, 43, 139–155. <https://doi.org/10.1016/j.cl.2015.06.001>
- Roes, B. (2010). The cadastral registration of cable networks: How Dutch registrars initiated the registration of a 34,000-km cadastral object. *ELRA annual publication no:3* (ss. 47–52). European Land Registry Association (ELRA).
- Roswell, C. (2012). Modeling of geographic information. In W. Kresse & D. M. Danko (Eds.), *Springer handbook of geographic information* (pp. 3–17). Springer Berlin Heidelberg.
- Salomons, A. F. (2011). National report on the transfer of ownership of movables in the netherlands. In W. Faber & B. Lurger (Eds.), *National reports on the transfer of movables in europe: The netherlands, switzerland, czech republic, slovakia, malta, latvia*. sellier european law publishers.
- Šarlah, N., Podobnikar, T., Ambrožič, T., & Mušič, B. (2020). Application of kinematic gpr-tps model with high 3D georeference accuracy for underground utility infrastructure mapping: A case study from urban sites in celje, slovenia. *Remote Sensing*, 12(8). <https://doi.org/10.3390/rs12081228>
- Selic, B. (2003). The pragmatics of model-driven development. *IEEE Software*, 20(5), 19–25. <https://doi.org/10.1109/MS.2003.1231146>
- Semm, S., Becker, T., & Kolbe, T. H. (2012). Simultaneous visualization of different utility networks for disaster management. *ISPRS Annals of the Photogrammetry*,

- Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, I-2, 159–164. <https://doi.org/10.5194/isprsannals-I-2-159-2012>
- Silva, M., & Stubkjær, E. (2002). A review of methodologies used in research on cadastral development. *Computers, Environment and Urban Systems*, 26, 403–423. [https://doi.org/10.1016/S0198-9715\(02\)00011-X](https://doi.org/10.1016/S0198-9715(02)00011-X)
- Standards Australia. (2013). *Classification of subsurface utility information (SUI)* (AS 5488—2013). SAI Global Limited.
- Staub, P. (2007). A model-driven web feature service for enhanced semantic interoperability. *OSGeo Journal*, 3, 38–43.
- Sterling, R. L., Anspach, J., Allouche, E., Simicevic, J., Rogers, C. D. F., & K. Weston, K. H. (2009). *Encouraging innovation in locating and characterizing underground utilities*. Transportation Research Board of the National Academies. <https://doi.org/10.17226/22994>
- Stoter, J. E. (2004). *3D cadastre* (Doktora Tezi). Technische Universiteit Delft, Hollanda.
- Stoter, J. E., & Salzmann, M. (2003). Towards a 3D cadastre: Where do cadastral needs and technical possibilities meet? *Computers, Environment and Urban Systems*, 27(4), 395–410. [https://doi.org/10.1016/s0198-9715\(02\)00039-x](https://doi.org/10.1016/s0198-9715(02)00039-x)
- Stoter, J. E., & van Oosterom, P. (2006). *3D cadastre in an international context: Legal, organizational, and technological aspects*. CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9781420005677>
- Surlu, M. H., & Öztürk, G. (2005). *Öğreti ve Uygulamada Mecra Hakkı* (1. Baskı). Seçkin Yayıncılık, Ankara.
- Talmaki, S., Kamat, V. R., & Cai, H. (2013). Geometric modeling of geospatial data for visualization-assisted excavation. *Advanced Engineering Informatics*, 27(2), 283–298. <https://doi.org/10.1016/j.aei.2013.01.004>
- (TEDAŞ), T. E. D. A. Ş. (2008). *Elektrik Dağıtım Şebekeleri Enerji Kabloları Montaj (Uygulama) Usul ve Esasları*. [https://www.tedas.gov.tr/sx.web.docs/tedas/docs/sartnameler/Dagitim_Sebekeleri_Enerji_Kablolari_Montaj_\(Uygulama\)_Usul_ve_Esaslar%C4%B1_\(Eylu%C3%BCI-2088\).pdf](https://www.tedas.gov.tr/sx.web.docs/tedas/docs/sartnameler/Dagitim_Sebekeleri_Enerji_Kablolari_Montaj_(Uygulama)_Usul_ve_Esaslar%C4%B1_(Eylu%C3%BCI-2088).pdf). [Erişim Tarihi: 01.06.2020].
- The British Standards Institution (BSI). (2017). *Buried assets – capturing, recording, maintaining and sharing of location information and data – code of practice* (PAS 256:2017).
- Thompson, R., & van Oosterom, P. (2021). Bi-temporal foundation for ladm v2: Fusing event and state based modelling of land administration data 2d and 3d. *Land Use Policy*, 102, 105246. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2020.105246>
- Trans Anadolu Doğal Gaz Boru Hattı (TANAP). (2014). *Arazi Edinimi ve Kamulaştırma Bedeli Ödemeleri için Rehber*. <https://www.tanap.com/content/file/TANAP-Arazi-EdinimiveKamulastirma-Bedeli-Odemeleri-Rehberi.pdf>. [Erişim Tarihi: 14.07.2021].

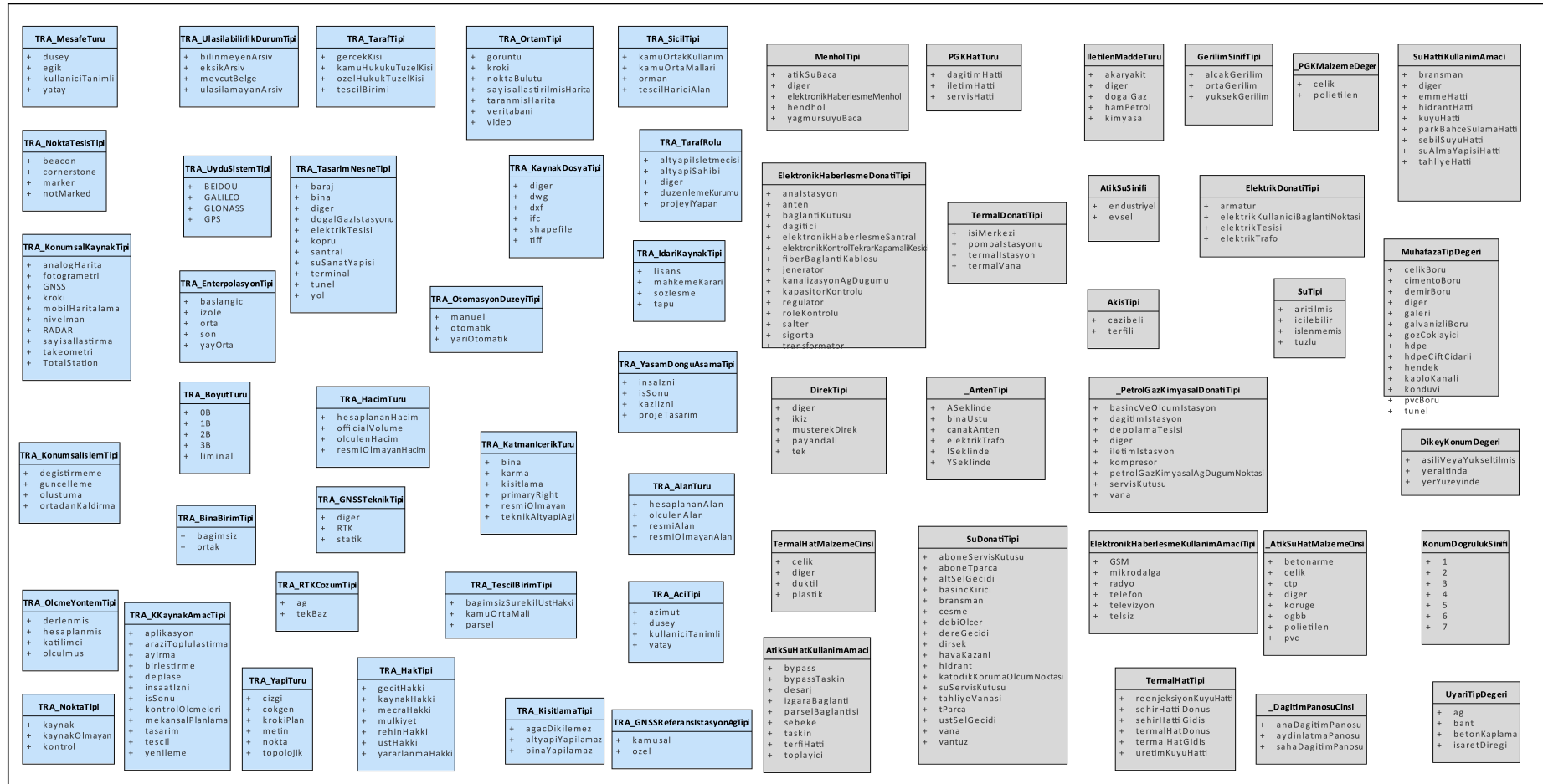
- Türk Standardları Enstitüsü (TSE). (2016). *Şehir İçi yollar - Altyapı Tesislerinin Planlama ve Yerleştirme Kuralları* (TS 1097).
- Türkiye Elektrik İletim Anonim Şirketi (TEİAŞ). (2019). *TEİAŞ 2019 Yılı Faaliyet Raporu*. http://www.sp.gov.tr/upload/xSPRapor/files/29SPg+TEIAS_2019_Faaliyet_Raporu.pdf. [Erişim Tarihi: 07.07.2021].
- United Nations - International Federation of Surveyors (UN-FIG). (1999). The Bathurst Declaration on Land Administration for Sustainable Development. *Report from the UN-FIG Workshop on Land Tenure and Cadastral Infrastructures for Sustainable Development, Bathurst, NSW, Australia 18–22 October, 1999*.
- van den Brink, L., Stoter, J., & Zlatanova, S. (2013). Establishing a national standard for 3D topographic data compliant to citygml. *International Journal of Geographical Information Science*, 27(1), 92–113. <https://doi.org/10.1080/13658816.2012.667105>
- van den Brink, L., Janssen, P., & Quak, W. (2017). *IMKL2015 - dataspecificatie utiliteitsnetten* (1.2.1). Geonovum. https://register.geostandaarden.nl/informatiemodel/imkl2015/1.2.1/IMKL2015_Dataspecificatie_1.2.1.pdf. [Erişim Tarihi: 05.07.2021].
- van der Molen, P., & Welter, K. (2004). Authentic registers and good governance. *Workshop on Real Property Administration in Developing Information Society. UN ECE, Working Party on Land Administration, 22-25 September. Vilnius, Lithuania*. <https://ris.utwente.nl/ws/portalfiles/portal/225412022/Vandermolen2004authentic.pdf>
- van Loenen, B. (2009). Developing geographic information infrastructures: The role of access policies. *International Journal of Geographical Information Science*, 23(2), 195–212. <https://doi.org/10.1080/13658810701851412>
- van Oosterom, P. (2013). Research and development in 3D cadastres. *Computers, Environment and Urban Systems*, 40, 1–6. <https://doi.org/10.1016/j.compenvurbsys.2013.01.002>
- Vishnu, E., & Saran, S. (2018). Semantic modeling of utility networks implementation of use cases for dehradun city. *ISPRS - International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, XLII-5, 139–145. <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLII-5-139-2018>
- Vučić, N., Mađer, M., Vranić, S., & Roić, M. (2020). Initial 3d cadastre registration by cadastral resurvey in the republic of croatia. *Land Use Policy*, 98. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2019.104335>
- Vučić, N., Roić, M., & Kapović, Z. (2011). Current situation and prospect of 3D cadastre in croatia. *2nd international workshop on 3D cadastres, 16-18 november 2011, Delft, Netherlands*. <http://resolver.tudelft.nl/uuid:3daf189e-0947-4f49-8668-91bac965f755>. [Erişim Tarihi: 01.07.2021].
- Vučić, N., Roić, M., Mađer, M., Vranić, S., & van Oosterom, P. (2017). Overview of the croatian land administration system and the possibilities for its upgrade

- to 3D by existing data. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 6(7). <https://doi.org/10.3390/ijgi6070223>
- Yan, J., Jaw, S. W., Soon, K. H., & Schrotter, G. (2019). The LADM-based 3D underground utility mapping: Case study in Singapore. *ISPRS - International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, XLII-4/W15, 117–122. <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLII-4-W15-117-2019>
- Yang, Y., Ng, S. T., Xu, F. J., & Skitmore, M. (2018). Towards sustainable and resilient high density cities through better integration of infrastructure networks. *Sustainable Cities and Society*, 42, 407–422. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2018.07.013>
- Yao, Z., Nagel, C., Kunde, F., Hudra, G., Willkomm, P., Donaubaue, A., Adolphi, T., & Kolbe, T. H. (2018). 3dcitydb - a 3D geodatabase solution for the management, analysis, and visualization of semantic 3D city models based on citygml. *Open Geospatial Data, Software and Standards*, 3(1), 1–26. <https://doi.org/10.1186/s40965-018-0046-7>
- Yumrutaş, H. İ. (2014). *Kentsel Yol Altyapı Kazılarının Önceliklendirilmesi için CBS Tabanlı Bir Karar Destek Sistemi: Fatih İlçesi Örneği* (Yüksek Lisans Tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Yusoff, M. Y. M., & Yusof, N. A. M. (2018). The experience of JUPEM in using policy instruments to implement underground utility mapping in absence of policy document. *Journal of Science, Technology and Innovation Policy*, 4(2), 35–41.
- Zembillas, N. (2010). Subsurface utility engineering: A proven solution. *Fig congress 2010 facing the challenges – building the capacity, 11-16 april 2010, sydney, australia* (pp. 1–9).
- Zlatanova, S., Döner, F., & van Oosterom, P. (2011). Management and visualization of utility networks for local authorities: A 3D approach. *Electronic government and electronic participation, joint proceedings of ongoing research and projects of IFIP EGOV and ePart, schriftenreihe informatik 37*, Trauner Verlag. <https://doi.org/10.13140/2.1.1478.5606>

VERİ MODELİ UML DİYAGRAMLARI^A

Şekil A.1’de teknik altyapı veri modelinde yer alan detay tiplerinin, Şekil A.2’de değer listelerinin UML diyagramları yer almaktadır.

Şekil A.1 TAVM UML sınıf diyagramı



Şekil A.2 TAVM değer listeleri

TEZDEN ÜRETİLMİŞ YAYINLAR

Makale

1. İlgar, A. & Çağdaş, V. (2022). Kentsel teknik altyapı tesislerine yönelik uluslararası coğrafi veri modellerinin analizi. Jeodezi ve Jeoinformasyon Dergisi, 9(1), 24-46. <https://doi.org/10.9733/JGG.2022R0003.T>

Konferans Bildirisi

1. İlgar, A., & Çağdaş, V., (2021). Farklı Ülkelerde Teknik Altyapı Kadastrosu Yaklaşımlarının İrdelenmesi. 18. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı (s.1). Ankara, Türkiye